

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-219774
 (43)Date of publication of application : 30.08.1996

(51)Int.Cl. G01C 3/06
 H03K 17/78

(21)Application number : 07-051872
 (22)Date of filing : 15.02.1995

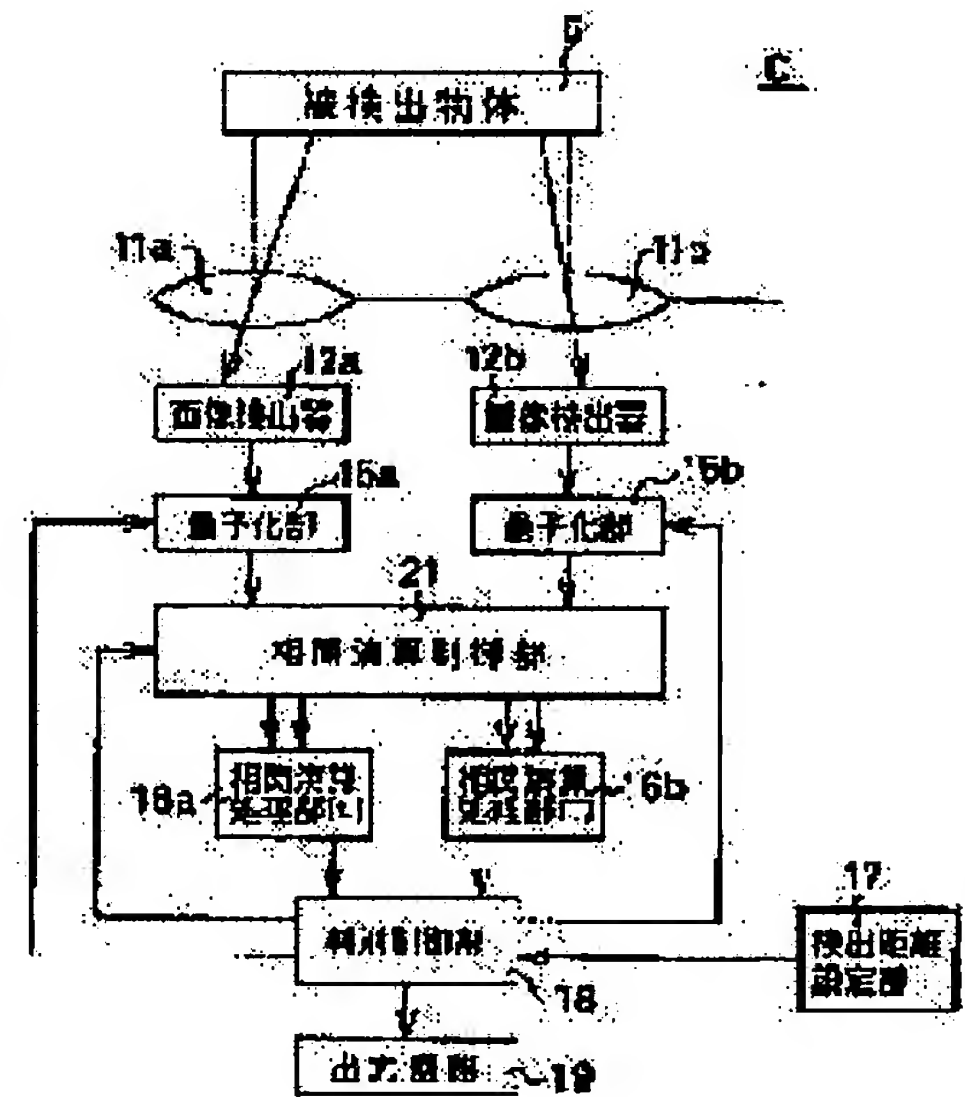
(71)Applicant : OMRON CORP
 (72)Inventor : NIMOTO YUICHI
 OTSUKI SHINYA
 MIZUHATA SHINJI
 MURATA YOSHIRO

(54) PHOTOELECTRIC SWITCH

(57)Abstract:

PURPOSE: To reduce a response time when passing through a boundary, to enhance detection accuracy and to heighten response speed.

CONSTITUTION: Relative arithmetic operation sections 16a, 16b obtain a quantity of relative shift in terms of right and left images on the basis of image data quantized by quantization sections 15a, 15b and obtain a distance L to an object 5 to be detected based on the quantity of relative shift. The relative arithmetic operation section 16a is selectively used for a high speed operation/low accuracy mode and the relative arithmetic operation section 16b is for a low speed/ high accuracy mode. For example, the measurement in inner and outer sections of an area is executed by using the relative arithmetic operation section 16a for high speed operation and the measurement during the passing through a boundary between areas is executed by using the relative arithmetic operation section 16b after switching thereto.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平 8 - 2 1 9 7 7 4

(43)公開日 平成8年(1996)8月30日

(51)Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所	
G 0 1 C	3/06		G 0 1 C	3/06	V
H 0 3 K	17/78		H 0 3 K	17/78	S
					T

審査請求 未請求 請求項の数 1 2

F D

(全 1 9 頁)

(21)出願番号 特願平7-51872

(22)出願日 平成7年(1995)2月15日

(71)出願人 000002945

オムロン株式会社

京都府京都市右京区花園土堂町10番地

(72)発明者 新本 祐一

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内

(72)発明者 大槻 真也

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内

(72)発明者 水畑 伸治

京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オムロン株式会社内

(74)代理人 弁理士 中野 雅房

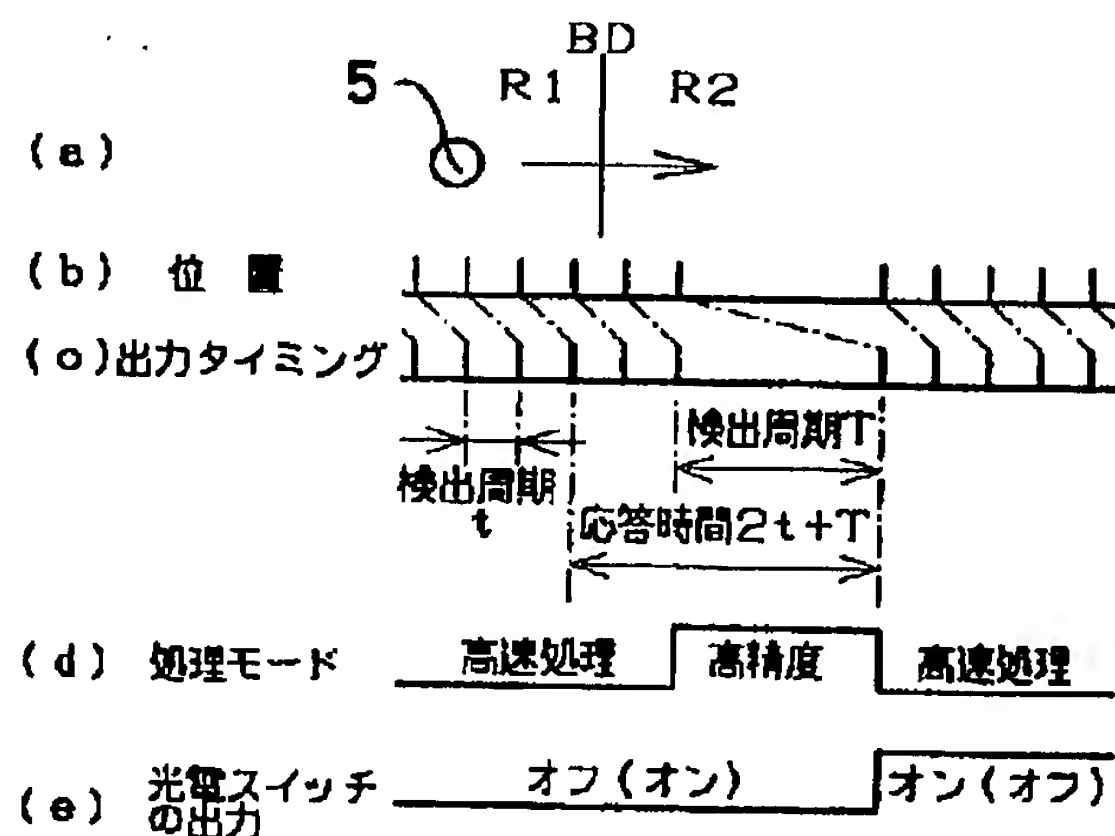
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光電スイッチ

(57)【要約】

【構成】 相関演算処理部 1 6 a, 1 6 b は、量子化部 1 5 a, 1 5 b で量子化された画像データに基づいて左右画像の相関シフト量 (ずれ量) X を求め、さらに相関シフト量 X に基づいて被検出物体 5 までの距離 L を求める。相関演算処理部 1 6 a は高速処理/低精度モードとして、相関演算処理部 1 6 b は低速処理/高精度モードとして、選択的に用いられる。例えば、エリアの内部及び外部では、高速処理用の相関演算処理部 1 6 a を用いて計測し、エリア間の境界通過時には高精度用の相関演算処理部 1 6 b に切り換えて計測する。

【効果】 境界通過時の応答時間を短くすることができ、検出精度を高くすると共に応答速度を高くできる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被検出物体からの反射光を受光する 2 つの画像検出器と、
両画像検出器から出力される画像情報を量子化して比較することによって両画像情報の相対的位置関係を求め、当該位置関係に基づいて被検出物体までの距離を計測する測距演算手段と、
被検出物体の検出位置と設定されているエリアとの位置関係に応じて信号を出力する手段とを備えた光電スイッチであって、
検出周期の異なる複数の前記測距演算手段を有することを特徴とする光電スイッチ。

【請求項 2】 前記測距演算手段における距離測定回数を異ならせることにより、測距演算手段の各検出周期を異ならせた、請求項 1 に記載の光電スイッチ。

【請求項 3】 前記測距演算手段における画像情報の量子化誤差を異ならせることにより、測距演算手段の各検出周期を異ならせた、請求項 1 に記載の光電スイッチ。

【請求項 4】 前記測距演算手段における画像情報の画素ピッチを異ならせることにより、測距演算手段の各検出周期を異ならせた、請求項 1 に記載の光電スイッチ。

【請求項 5】 検出周期の異なる少なくとも 2 つの測距演算手段を有し、検出位置があるエリアのほぼ内部に位置する場合には検出周期の長い側の測距演算手段を用い、検出位置が当該エリアのほぼ外部に位置する場合には検出周期の短い側の測距演算手段を用いるようにした、請求項 1, 2, 3 又は 4 に記載の光電スイッチ。

【請求項 6】 検出周期の異なる少なくとも 2 つの測距演算手段を有し、検出位置があるエリアのほぼ内部及びほぼ外部に位置する場合には検出周期の短い側の測距演算手段を用い、検出位置が当該エリアのほぼ境界部分に位置する場合には検出周期の長い側の測距演算手段を用いるようにした、請求項 1, 2, 3 又は 4 に記載の光電スイッチ。

【請求項 7】 検出周期の異なる少なくとも 2 つの測距演算手段を有し、検出位置が、エリアの境界の少なくとも一方の側に設定された領域内にある場合には検出周期の長い側の測距演算手段を用いるようにした、請求項 1, 2, 3 又は 4 に記載の光電スイッチ。

【請求項 8】 エリアの境界の少なくとも一方の側に設定された前記領域が、被検出物体の移動速度に応じて変化する、請求項 7 に記載の光電スイッチ。

【請求項 9】 エリアの境界の少なくとも一方の側に設定された前記領域が、検出周期の短い側の測距演算手段による距離検出誤差よりも大きくなっている、請求項 7 に記載の光電スイッチ。

【請求項 10】 検出周期の異なる少なくとも 2 つの測距演算手段を有し、検出位置が所定距離よりも近い場合には検出周期の短い側の測距演算手段を用い、検出位置が所定距離よりも遠い場合には検出周期の長い側の測距

演算手段を用いるようにした、請求項 1, 2, 3 又は 4 に記載の光電スイッチ。

【請求項 11】 前記所定距離は、検出周期の短い側の測距演算手段により被検出物体までの距離を検出した場合の距離検出誤差が、必要な距離検出誤差以下となる最大の距離である、請求項 10 に記載の光電スイッチ。

【請求項 12】 複数の測距演算手段のうち、いずれの測距演算手段を動作させるかを外部信号により選択可能にした、請求項 1, 2, 3 又は 4 に記載の光電スイッチ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、予め設定された検知エリア内に被検出物体が存在するかどうかを判別して出力回路を制御するようにした光電スイッチに関する。

【0002】

【従来の技術とその問題点】

（従来の三眼式の反射型光電スイッチ）反射型的光電スイッチとしては、例えば特開昭 59-158029 号公報に開示されているような三眼式の反射型光電スイッチ A がある。この反射型光電スイッチ A は、図 1 に示すように、投光部 A1、受光部 A2 および信号処理部（図示せず）から構成されている。投光部 A1 は、発光ダイオード（LED）や半導体レーザー素子（LD）等の投光素子 1 と、投光素子 1 から出射された光ビーム α を集光して検知エリア（投光領域）を設定するためのコンデンサレンズ等の投光レンズ 2 とからなり、投光素子 1 と投光レンズ 2 とは互いに光軸を一致させて配設されている。受光部 A2 は、投光部 A1 の両側に対称に配置されており、それぞれ反射光を受光するための凸レンズ等の受光レンズ 3（焦点距離： f ）と、位置検出素子（いわゆる PSD）4 とからなり、受光レンズ 3 の光軸はいずれも投光レンズ 2 の光軸と所定間隔 $L/2$ を置いて平行に配設され、位置検出素子 4 は受光レンズ 3 から焦点距離と等しい距離 f だけ離れた集光面（焦点面）で受光レンズ 3 の光軸と垂直に配設されている。

【0003】しかして、投光素子 1 から出射されたパルス変調光よりなる光ビーム α は、投光レンズ 2 を通過した後、被検出物体 5 に投射される。被検出物体 5 の表面で反射された散乱反射光 β は、受光レンズ 3 で集光された後に位置検出素子 4 の受光面に集光するようになっており、位置検出素子 4 からは反射光 β の集光位置に対応した位置信号が出力される。

【0004】いま、受光レンズ 3 から被検出物体 5 までの距離を L 、投光レンズ 2 の光軸を基準とする被検出物体 5 の横変位量を q 、各受光レンズ 3 の光軸を基準とする位置検出素子 4 上の集光位置（あるいは受光量の重心位置）までの距離を x_1 , x_2 （いずれも投光レンズ 2 の光軸から離れる方向を正の方向とする）とすると、三角測距の原理より、

3

$$[(L_o/2) - q] = x_1 \cdot (L/f)$$

$$[(L_o/2) + q] = x_2 \cdot (L/f)$$

の関係がある。この2式より q を消去することによって、

$$L = (L_o \cdot f) / X \quad \dots \textcircled{1}$$

が得られる。ここで、両位置検出素子4上における集光位置のずれ量を $X = x_1 + x_2$ とした。従って、両位置検出素子4上における各集光位置 x_1 , x_2 もしくは集光位置のずれ量 X を検出すれば、信号処理部において被検出物体5までの距離 L を求めることができ、予め設定した距離範囲内に被検出物体5が存在しているかどうかを判別できる。

【0005】しかしながら、被検出物体5までの距離 L の変化 ΔL に対応する位置検出素子4上での集光位置のずれ量 X の変化 ΔX は、上記①式から

$$\Delta X = - (f \cdot L_o / L^2) \Delta L \quad \dots \textcircled{2}$$

となるので、このような光電スイッチAの測距精度を向上させるためには、受光レンズ3の焦点距離 f を長くするか、投光部A1と受光部A2の距離 L_o を大きくする必要があり、いずれにしろ光電スイッチAが大型化するという問題があった。

【0006】(位相差方式を適用した光電スイッチ) 三眼式の反射型光電スイッチAの上記問題を解決し、コンパクトで高精度な光電スイッチを作製するためには、例えば特開昭57-15361号公報に開示されているカメラ用距離計に用いられている位相差(相関)方式を光電スイッチに適用することが考えられる。

【0007】位相差方式を用いた光電スイッチでは、以下のようにして被検出物体5までの距離 L を求める。図2(a)において、11a, 11bは等しい焦点距離 f を有する第1及び第2の受光レンズであって、一定の基線長(光軸14a, 14b間の間隔) L_o を隔てて配設されている。また、12a, 12bは第1及び第2の画像検出器であって、各受光レンズ11a, 11bから後方へその焦点距離と等しい距離 f の位置に配置されており、受光レンズ11a, 11bを通る空間的に隔てられた光路を経て結像された被検出物体5の2つの像を受光する。投光素子から出射された光ビームが、被検出物体5の表面で反射拡散されると、その反射光 β は、第1の受光レンズ11aを通過する第1の光路を通過して第1の画像検出器12aに入射し、同時に第2の受光レンズ11bを通過する第2の光路を通過して第2の画像検出器12bに入射する。このとき第1の画像検出器12aに生じる画像13aと第2の画像検出器12bに生じる画像13bのずれ量 $X = x_1 + x_2$ を求めれば、上記①式より被検出物体5までの距離 L を求めることができる。

【0008】図2(b)～(d)は位相差方式により両画像13a, 13bのずれ量 X を求める方法を模式的に説明したものである。まず、基準PA, PBを定義する。図2(b)は第1及び第2の画像検出器12a, 1

4

2bから供給される画像(光強度分布パターン)13a, 13bであって、横軸は画像検出器12a, 12b上での横座標XA, XB、縦軸は光強度である。図2

(b)に示されている基準PAは画像13aの画面内における位置を示す縦線であって、第1の画像検出器12a上の光軸14aとの交点Aに対応している。同様に、基準PBは画像13bの画面内における位置を示す縦線であって、第2の画像検出器12b上の光軸14bとの交点Bに対応している。

【0009】第1の画像検出器12aにより供給された画像13aと第2の画像検出器12bにより供給された画像13bのずれ量 X を求めるには、まず両画像13a, 13bを比較して図2(c)に示すように基準PAと基準PBを画面上で一致させ、ついで、一方の画像検出器12bの画像13bを基準PBごと他方の画像検出器12aの画像13aと最も一致するように移動させる。こうして2つの画像13a, 13bを最も一致させたときの基準PA, 基準PB間の距離をずれ量 X と定義し、①式を用いて被検出物体5までの距離 L を求める。なお、2つの画像13a, 13bが最も一致した時とは、図2(d)に示す斜線領域のように両画像13a, 13bの重ならない領域の面積が最小となった状態であると定義し、判定する。

【0010】このような位相差方式を用いれば、相関演算処理によりずれ量 X を高精度に求めることができるので、光電スイッチBを大型化することなく被検出物体5までの距離 L を高精度に計測できる。

【0011】図3は上記のような位相差方式を実現した光電スイッチBの受光部及び信号処理部の構成を示すブロック図である。図3には示されていないが、この位相差方式の光電スイッチBにおいても、投光部及び受光部は図1の光電スイッチAと同様な配置構成を有している。上記のごとく、11a, 11bは画像検出器12a, 12b上に被検出物体5の画像13a, 13bを生成させるための第1及び第2の受光レンズである。12a, 12bは空間的に隔てられた光路を経て結像された被検出物体5の2つの像を受光する電荷結合素子(CCD)やフォトダイオード(PD)アレイ等の第1及び第2の画像検出器である。さらに、15a, 15bは、画像検出器12a, 12bの各画素から出力された画像信号を光強度分布を表わす画像データ列(量子化データ)に量子化する量子化部である。16は量子化部15a, 15bで量子化された2つの量子化データを相互に比較し、両量子化データを高い相関で合致させるのに要する両量子化データの相互シフト量(画像13a, 13bのずれ量) X を求め、この相互シフト量 X に基づいて被検出物体5の距離 L を計算する相関演算処理部である。17は検出距離範囲(エリア)を設定する検出距離設定部である。18は量子化部15a, 15b、相関演算処理部16、出力回路19を制御する判別制御部であって、

測距された距離 L と検出距離範囲とを比較する。19は判別制御部18からのオン、オフ出力を光電スイッチBの外部へオン、オフ信号として出力する出力回路である。

【0012】つぎに、この位相差方式の光電スイッチBの動作を説明する。被検出物体5からの反射光 β は、受光レンズ11a, 11bを通して空間的に離れた画像検出器12a, 12bに結像される。画像検出器12a, 12bには、例えば図2(b)に示したような光強度分布パターン of 画像13a, 13bが生じる。各量子化部15a, 15bは、判別制御部18からの量子化許可命令を受けて各画像検出器12a, 12bから出力された画像信号を量子化し、量子化された画像データ列を時系列信号として相関演算処理部16へ転送する。画像13a, 13bの量子化は、例えば図2(b)のような画像13a, 13bの光強度を各画素毎に多値デジタル化して量子化データに変換することにより行なわれる。相関演算処理部16は、量子化された2つの量子化データを相互に比較し、両量子化データを高い相関で合致させるのに要する両量子化データの相互シフト量(ずれ量) X を計算し、相互シフト量 X から被検出物体5までの距離 L を求め、判別制御部18へ出力する。判別制御部18は、距離 L が検出距離設定部17で設定した範囲内かどうか判別し、判別結果を出力回路19へ出力する。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】このような位相差方式の光電スイッチにおいては、その距離測定精度を高くしようとするれば、画像検出器から得られる画像データ(画素数)を多くするか、出力1回あたりの距離測定回数を増す必要がある。なぜならば、画像データが多ければ多いほど相互シフト量 X を高精度に測定でき、距離測定回数を増せば、平均化される距離データの精度が高くなるからである。

【0014】しかし、画像データを増加させると、相関演算処理部において画像をシフトさせて比較する回数が増加することになり、相関演算時間が長くなり、また距離測定回数を増加させると、相関演算時間がその回数分だけ増加することになる。その結果、光電スイッチの検出周期が長くなる。

【0015】反対に、光電スイッチの検出周期を短くするためには、相関演算時間を短くするか、距離測定回数を減らす必要があるが、相関演算時間を短縮するには、画像データを少なくする必要があるため、距離測定精度の低下につながり、距離測定回数を減らすと距離データの精度が低くなる。

【0016】ここで光電スイッチの検出周期と応答時間との関係を考える。検出周期とは、量子化部が量子化許可命令を受けてから出力回路から出力するまでの時間である。また、応答時間とは、光電スイッチの検知エリアに被検出物体が入った場合に、被検出物体が検知エリア

に入ってから光電スイッチが動作するまでの時間の最大値である。いま、図4に示すように、検知エリアARに被検出物体5が入る場合を考える。図4の被検出物体5は、検出周期 T 毎における位置を示している。時刻 ξ に初めて検知エリアAR内に入った被検出物体5の画像13a, 13bが取込まれたとすると、その画像処理には検出周期 T を要するので、光電スイッチから検知エリアARに入ったという信号が出力される時間は $\xi + T$ となる。一方、 $\xi - T$ には被検出物体5が検知エリアAR外にあったことが計測されているから、被検出物体5が検知エリアARに入ったと考えられる最も早い時刻は $\xi - T$ の直後である。従って、応答時間、すなわち検知エリアARに被検出物体5が入ってからその検出出力が得られるまでの最大時間は $2T$ となる。

【0017】従って、高精度/低速処理用の光電スイッチでは、その検出周期を T とすると、応答時間は図5

(a)(b)に示すように $2T$ となる。また、高速処理/低精度用の光電スイッチでは、その検出周期を t ($< T$)とすると、応答時間は図6(a)(b)に示すように $2t$ となる。

【0018】このように従来の光電スイッチにあっては、距離測定精度を高く保ちつつ、かつ応答時間を短縮することはできなかった。

【0019】本発明は叙上の従来例の欠点に鑑みてなされたものであって、その目的とするところは、検出周期の異なる画像処理手段を複数個持たせることにより、応答速度を低下させることなく高精度化することができる光電スイッチを提供することにある。

【0020】

【発明の開示】本発明の光電スイッチは、被検出物体からの反射光を受光する2つの画像検出器と、両画像検出器から出力される画像情報を量子化して比較することによって両画像情報の相対的位置関係を求め、当該位置関係に基づいて被検出物体までの距離を計測する測距演算手段と、被検出物体の検出位置と設定されているエリアとの位置関係に応じて信号を出力する手段とを備えた光電スイッチであって、検出周期の異なる複数の前記測距演算手段を有することを特徴としている。

【0021】この光電スイッチでは、検出周期の異なる複数の測距演算手段を有しているので、距離測定精度が要求されない領域では検出周期の小さな測距演算手段を用いることによって高速で処理を行なえ、距離測定精度が要求される領域では検出周期の大きな測距演算手段に切り換えることにより高精度で測距を行なえる。特に、エリアの境界を通過する際には、その境界通過を高精度に検出することができ、しかも境界通過を高精度で検出する時の応答時間を短縮することができる。

【0022】従って、本発明の光電スイッチによれば、高精度計測に対する要求と高速処理に対する要求とを同時に満足させることができる。

【0023】ここで、測距演算手段の検出周期を異ならせるには、例えば請求項2に記載の実施態様のように、測距演算手段における距離測定回数を異ならせることにより、測距演算手段の各検出周期を異ならせることができる。

【0024】測距回数が多くなると、画像データ処理量が増加するので、検出周期は長くなるのが、多量の画像データに基づいて測距値が求められるので、計測結果は高精度となる。逆に、測距回数が少なくなると、画像データが少なくなるので、検出精度は低下するが、画像データ処理量が減少するので、検出周期は短くなる。

【0025】また、請求項3に記載の実施態様のように、測距演算手段における画像情報の量子化誤差を異ならせることにより、測距演算手段の各検出周期を異ならせることもできる。

【0026】量子化誤差が小さいと、扱う画像データ量が増加するので、検出周期が長くなり、処理速度は低下するが、被検出物体の像を正確に再現できるので、測定結果は高精度となる。逆に、量子化誤差が大きいと、被検出物体の像の再現が不正確となるので、測定精度は低下するが、扱う画像データ量の減少によって検出周期が短縮され、処理速度は高速化する。

【0027】また、請求項4に記載の実施態様のように、測距演算手段における画像情報の画素ピッチを異ならせることにより、測距演算手段の各検出周期を異ならせることもできる。

【0028】画素ピッチが小さいと、扱う画像データ量が増加するので、検出周期が長くなり、処理速度は低下するが、被検出物体の像を正確に再現できるので、測定結果は高精度となる。逆に、画素ピッチが大きいと、被検出物体の像の再現が不正確となるので、測定精度は低下するが、扱う画像データ量の減少によって検出周期が短縮され、処理速度は高速化する。

【0029】本発明の光電スイッチの具体的な動作方式として種々の方式が可能である。例えば、請求項5に記載の実施態様では、検出周期の異なる少なくとも2つの測距演算手段を有し、検出位置があるエリアのほぼ内部に位置する場合には検出周期の長い側の測距演算手段を用い、検出位置が当該エリアのほぼ外部に位置する場合には検出周期の短い側の測距演算手段を用いるようにしている。

【0030】このような実施態様によれば、高精度計測の必要な所定エリア内では被検出物体を高精度で検出することができる。また、当該エリアの外部からエリア内に被検出物体が入る場合には、高精度で被検出物体を検知することができ、しかも応答時間は高精度のみで計測している場合の応答時間よりも短くなる。

【0031】従って、この光電スイッチによれば、応答時間を短くすることができ、被検出物体がエリアの境界を通過するのを高精度で検出することができ、しかも高

速処理が可能になる。

【0032】また、請求項6に記載の実施態様にあつては、検出周期の異なる少なくとも2つの測距演算手段を有し、検出位置があるエリアのほぼ内部及びほぼ外部に位置する場合には検出周期の短い側の測距演算手段を用い、検出位置が当該エリアのほぼ境界部分に位置する場合には検出周期の長い側の測距演算手段を用いるようにしている。

【0033】このような実施態様によれば、エリアの境界通過時のみ被検出物体を高精度で検出することができる。すなわち、当該エリア内部から、あるいは外部から境界を通過する場合に高精度で被検出物体を検知でき、しかも、いずれの場合も応答時間は高精度のみで計測している場合の応答時間よりも短くなる。

【0034】従って、この光電スイッチによっても、応答時間を短くすることができ、被検出物体がエリアの境界を通過するのを高精度で検出することができ、しかも高速処理が可能になる。

【0035】また、請求項7に記載の実施態様は、検出周期の異なる少なくとも2つの測距演算手段を有し、検出位置が、エリアの境界の少なくとも一方の側に設定された領域内にある場合には検出周期の長い側の測距演算手段を用いるようにしたことを特徴としている。

【0036】この実施態様によれば、境界の少なくとも片側に設定された領域で被検出物体を検知することにより、被検出物体が境界を通過することを予測することができるので、光電スイッチを高精度に切り換えるタイミングを早くすることができ、応答時間を一層短くすることができる。

【0037】さらに、請求項8に記載の実施態様では、エリアの境界の少なくとも一方の側に設定された前記領域が、被検出物体の移動速度に応じて変化するようにしている。

【0038】被検出物体の移動速度に応じて前記領域の広さを変化させれば、例えば、被検出物体を必ず当該領域内で検知することができるように調整でき、光電スイッチの信頼性を向上させることができる。特に、被検出物体の移動速度を計測し、それに応じて当該領域を調整するようにすれば、被検出物体の移動速度のばらつきが大きい場合でも被検出物体を当該領域で確実に検知できるようになる。

【0039】さらに、請求項9に記載の実施態様は、エリアの境界の少なくとも一方の側に設定された前記領域が、検出周期の短い側の測距演算手段による距離検出誤差よりも大きいことを特徴としている。

【0040】エリアの境界の少なくとも片側に設定している領域を距離検出誤差よりも大きくしてあれば、被検出物体が当該領域に達していないにも拘らず、被検出物体がエリアの境界を通過したと誤判定されるのを避けることができる。

【0041】また、請求項10に記載の光電スイッチによれば、検出周期の異なる少なくとも2つの測距演算手段を有し、検出位置が所定距離よりも近い場合には検出周期の短い側の測距演算手段を用い、検出位置が所定距離よりも遠い場合には検出周期の長い側の測距演算手段を用いるようにしている。

【0042】光電スイッチの距離誤差率は距離と共に大きくなる。一方、検出周期の長い測距演算手段を用いた場合には、検出周期の短い測距演算手段を用いた場合よりも距離誤差率が小さくなる。従って、遠距離では検出周期の長い測距演算手段を用い、近距離では検出周期の短い測距演算手段を用いることにより、距離誤差率が大きくなるのを避けることができる。

【0043】さらに、請求項11に記載の実施態様にあつては、前記所定距離は、検出周期の短い側の測距演算手段により被検出物体までの距離を検出した場合の距離検出誤差が、必要な距離検出誤差以下となる最大の距離としている。

【0044】この実施態様にあつては、測距演算手段を切り換えるための区分点となる距離を、距離検出誤差の最大値がもっとも小さくなるように合理的に決めることができる。

【0045】また、請求項12に記載の実施態様にあつては、複数の測距演算手段のうち、いずれの測距演算手段を動作させるかを外部信号により選択可能にしている。

【0046】従って、使用者は、光電スイッチの使用環境や被検出物体の遠近、移動速度等に応じて、光電スイッチの検出周期、すなわち応答速度や距離測定精度を随意選択することができ、使用状態に応じた細かな設定が可能になる。従って、このような条件の変更があつた場合にも、光電スイッチを交換することなく対応できる。

【0047】

【実施例】図7は本発明の一実施例による位相差方式の光電スイッチの受光部及び信号処理部を示すブロック図である。図4には示されていないが、この位相差方式の光電スイッチCにおいても、投光部及び受光部は図1の光電スイッチAと同様な三眼式の構成を有している。図7において、11a、11bは画像検出器12a、12b上に被検出物体5の像を生成させるための2つの受光レンズである。12a、12bは空間的に隔てられた光路を経て結像された距離測定をすべき被検出物体5の2つの画像を受光する電荷結合素子(CCD)やフォトダイオード(PD)アレイ等の2つの画像検出器である。15a、15bは画像検出器12a、12bの各画素から出力された画像信号を光強度分布を表わす画像データ列(量子化データ)に量子化する2つの量子化部である。16a、16bは量子化部15a、15bで量子化された2つの量子化データを相互に比較し、両量子化データを高い相関で合致させるのに要する両量子化データ

の相互シフト量Xを求め、さらに相互シフト量Xに基づいて被検出物体5までの距離Lを計算する2つの相関演算処理部である。相関演算処理部16a、16bは互いに検出周期が異なっており、相関演算処理部16aの検出周期は比較的小さな値tとなっており、相関演算処理部16bの検出周期は比較的大きな値T(>t)となっている。即ち、相関演算処理部16aは高速処理(低精度)モード用であつて、相関演算処理部16bは高精度(低速処理)モード用である。なお、図7では2つしか相関演算処理部を示していないが、検出周期の異なる3つ以上の相関演算処理部を設けてあつてもよい。21は複数の相関演算処理部16a、16bのいずれを使用するかを選択する相関演算制御部である。なお、測距演算手段は、量子化部15a、15b、相関演算処理部16a、16b及び相関演算制御部21によって構成されている。17は検出距離範囲(エリア)を設定する検出距離設定部である。18は量子化部15a、15b、相関演算制御部21、出力回路19を制御する判別制御部であつて、相関演算制御部21によって選択された相関演算処理部16a又は16bから出力された被検出物体5までの距離Lを検出距離設定部17で設定した距離範囲と比較し、その結果をオン、オフ出力として出力回路19へ出力する。19は判別制御部18からのオン、オフ出力を光電スイッチCの外部へオン、オフ信号として出力する出力回路である。

【0048】つぎに、この光電スイッチCの動作を説明する。被検出物体5からの反射光 β は、受光レンズ11a、11bを通して空間的に離れた画像検出器12a、12bに結像される。量子化部15a、15bは、判別制御部18からの量子化許可命令を受けて画像検出器12a、12bから出力される画像信号(光強度分布パターン)を量子化する。画像信号の量子化は、画像信号を各画素毎に多値デジタル化して量子化データに変換することにより行なう。画像信号を量子化処理すると、量子化部15a、15bは、相関演算制御部21によって指定された相関演算処理部16a又は16bへ量子化データを出力する、という動作を繰り返す。

【0049】相関演算制御部21は、2つの相関演算処理部16a、16bのうちから1つを選択し、相関演算許可命令を出す。選択された相関演算処理部16a又は16bは、量子化部15a、15bで量子化処理された2つの量子化データを相互に比較し、両量子化データを高い相関で合致させるのに要する両量子化データの相互シフト量Xを計算し、相互シフト量Xに基づいて被検出物体5までの距離Lを演算し、判別制御部18へ出力する。判別制御部18は、距離Lが検出距離設定部17で設定した範囲内かどうか判別し、判別結果を出力回路19へ出力する、という動作を繰り返す。

【0050】(高速処理モードと高精度モードとの切り換え)次に、このように検出周期の異なる2つの相関演

算処理部 1 6 a, 1 6 b を有する光電スイッチ C の応答時間について説明する。この光電スイッチ C では、被検出物体 5 の状態等によって相関演算処理部 1 6 a, 1 6 b の選択の仕方を変えることができる。その考え方としては、光電スイッチ C に距離測定精度が要求される箇所では、相関演算制御部 2 1 で大きな検出周期 T の相関演算処理部 1 6 b を選択して高精度モードで計測し、光電スイッチ C に距離測定精度が要求されない領域では、相関演算制御部 2 1 で小さな検出周期 t の相関演算処理部 1 6 a を選択して高速処理モードで計測する。すなわち、高速処理モードを基本モードとし、高精度計測が必要な場合には、相関演算処理部 1 6 b を選択して高精度で計測することにより、高精度で計測を行うとともに高速処理を可能にするということである。

【0051】基本的なモード切換え方式としては、3つ挙げることができる。第一に、高精度計測の必要がない場合には、高速処理モードのみで計測する。第二に、検知エリアの境界部分でのみ高精度モードに切り換え、それ以外の検知エリアの内部及び外部では高速処理モードで計測する。第三に、ある検知エリア内では高精度モードで計測するが、それ以外の領域では高速処理モードで計測する。以下、これらを説明する。

【0052】まず、第一の方式の高速処理モードのみの場合を説明する。図 8 はこのように測定精度が要求されない場合を示す。図 8 において、 ϕ は光電スイッチ C の動作領域を示し、光電スイッチ C は距離 K にある境界 B D よりも近い検知エリア A R ではオン信号を出力し、境界 B D よりも遠い領域ではオフ信号を出力するように設定されているとする。被検出物体 5 は、境界 B D よりも十分に近い距離で動作領域 ϕ を横切るようにゆっくりと移動している（つまり、被検出物体 5 は境界 B D 近傍を移動しない）。このような状況では、被検出物体 5 を高精度に測定しなくても光電スイッチ C の出力はオン信号を出力することが分かるので、相関演算処理部 1 6 a を選択して高速処理モードで動作させれば十分で、応答時間は $2t$ となる。

【0053】次に、測定精度の要求される第二のモード切換え方式の場合を説明する。被検出物体 5 がエリア R 1 からエリア R 2 へ向かって移動しているとすると、被検出物体 5 がエリア R 1 にあるうちは相関演算処理部 1 6 a を選択して高速処理モードとし、被検出物体 5 が境界 B D を通過する際には 1 度だけ相関演算処理部 1 6 b を選択して高精度モードに切り換え、通過し終えてエリア R 2 に入ると再び相関演算処理部 1 6 a を選択して高速処理モードに戻る。このような動作を行なわせるための方法を図 9 に詳細に示す。ここで、(a) はエリア R 1、R 2 及びその境界 B D の位置を示し、(b) は

(a) との位置関係で被検出物体 5 の検出時の位置を示し、(c) は (b) で検出された各被検出物体 5 の計測結果を出力するタイミングを示し、(d) は処理モード

の変化を示し、(e) は光電スイッチ C の出力を示す。図 9 に示すように、被検出物体 5 が境界 B D を通過する直後までは相関演算処理部 1 6 a が選択されており、高速処理モード（検出周期 t）で動作している。境界 B D を通過した被検出物体 5 が検出され、その画像 1 5 a, 1 5 b が画像検出器 1 2 a, 1 2 b に取り込まれると相関演算処理部 1 6 a で相関演算処理され、検出周期 t 後にその検出信号が出力される。この高速処理モードにおける検出信号により相関演算制御部 2 1 は相関演算処理部 1 6 b を選択し、高精度モード（検出周期 T）に切り換わる。ついで、相関演算処理部 1 6 b により画像情報が相関演算処理されると、検出周期 T 後には、高精度モードにより被検出物体 5 がエリア R 2 内にある旨の計測結果が出力され、光電スイッチ C の出力がオン（オフ）に切り換わり、これと同時に相関演算処理部 1 6 a が選択されて高速処理モードに戻る。

【0054】したがってこの場合には、境界通過時の応答時間（すなわち、被検出物体 5 がエリア R 2 に入ってから被検出物体 5 がエリア R 2 に入ったことを知らせる高精度モードによる検出信号が出力されるまでの最大時間）は、図 9 より分かるように $2t + T$ となる。よって、本発明の光電スイッチ C によれば、高精度モードの相関演算処理部 1 6 a だけを用いて被検出物体 5 がエリアに入ったことを 2 度検知した時に検出信号を出力するようにした光電スイッチでは、応答時間が $3T$ となるのに比較して、応答時間が $2t + T$ に短縮され、しかも、それにも拘らず高精度モードの相関演算処理部 1 6 b を用いた場合と同様に高精度に計測することができる。また、通常検出周期 t は検出周期 T に比べて非常に小さい（ $t \ll T$ 、特に、 $2t < T$ ）ので、被検出物体 5 がエリアに入ったことを 1 回検知した時に検出信号を出すようにした高精度モードの光電スイッチの応答時間が $2T$ であるのと比較しても、応答速度が向上している。

【0055】このような測定方法を用いる場合の例を図 1 2 に示す。図 1 2 においても、 ϕ は光電スイッチ C の動作領域を示し、光電スイッチ C は距離 K よりも近い検知エリア A R 内ではオン信号を出力し、距離 K よりも遠い検知エリア外ではオフ信号を出力するように設定されている。被検出物体 5 は、動作領域 ϕ 内において、検知エリア外から検知エリア A R 内部に向かって移動しているとすると。このような状況では、被検出物体 5 の光電スイッチ C からの距離が K になった時に、光電スイッチ C の出力がオフ信号からオン信号に変化しなければならないので、被検出物体 5 が境界 B D に接近した場合には、被検出物体 5 の距離を高精度に測定する必要がある。このような場合には、図 9 に示したようにして境界 B D の通過時にのみ高精度モードに切り換えることにより、境界通過時の応答時間を $2t + T$ とすることができ、境界通過を高精度で検出することができながら高速処理が可能になる。

【0056】また、逆に、被検出物体5が検知エリアA Rの内部から外部へ境界を通過する場合にも図9のように境界通過時にのみ高精度モードに切り換えることは有効であり、この場合も同じく応答時間は $2t + T$ となる。

【0057】次に、測定精度の要求される第三のモード切換え方式の場合を説明する。被検出物体5がエリアR 1からエリアR 2へ向かって移動しているとすると、被検出物体5がエリアR 1にあるうちは相関演算処理部16 aを選択して高速処理モードとし、被検出物体5が境界BDを通過してエリアR 2に入ると、相関演算処理部16 bを選択して高精度モードに切り換える。このような動作を行なわせるための方法を図10に詳細に示す。図10に示すように、被検出物体5が境界BDを通過する直後までは相関演算処理部16 aが選択されており、高速処理モード（検出周期 t ）で動作している。境界BDを通過した被検出物体5が検出され、その画像15 a, 15 bが画像検出器12 a, 12 bに取り込まれると相関演算処理部16 aで相関演算処理され、検出周期 t 後にその検出信号が出力される。この高速処理モードにおける検出信号により相関演算制御部21は相関演算処理部16 bを選択し、高精度モード（検出周期 T ）に切り換わる。ついで、相関演算処理部16 bにより画像情報が相関演算処理されると、検出周期 T 後には、高精度モードにより被検出物体5がエリアR 2内にある旨の計測結果が出力され、光電スイッチCの出力がオン（オフ）に切り換わる。

【0058】したがってこの場合にも、境界通過時の応答時間（すなわち、被検出物体5がエリアR 2に入ってから被検出物体5がエリアR 2に入ったことを知らせる高精度モードによる検出信号が出力されるまでの最大時間）は、図10より分かるように $2t + T$ となる。よって、本発明の光電スイッチCによれば、高精度モードの相関演算処理部16 aだけを用いて被検出物体5がエリアに入ったことを2度検知した時に検出信号を出力するようにした光電スイッチでは、応答時間が $3T$ となるのに比較して、応答時間が $2t + T$ に短縮され、しかも、それにも拘らず高精度モードの相関演算処理部16 bを用いた場合と同様に高精度に計測することができる。また、通常検出周期 t は検出周期 T に比べて非常に小さい（ $t \ll T$ 、特に、 $2t < T$ ）ので、被検出物体5がエリアに入ったことを1回検知した時に検出信号を出すようにした高精度モードの光電スイッチの応答時間が $2T$ であるのと比較しても、応答速度が向上している。

【0059】このような測定方法を用いる場合の例を図13に示す。例えば、一定の検知エリアA R内においては、相関演算処理部16 bにより高精度モードで計測を行ない、検知エリアA Rの外部の領域では相関演算処理部16 aにより高速処理モードで計測を行なう場合において、被検出物体5が検知エリアA Rの外から検知エリ

アA R内に入る場合には、図11に示したようにして境界BDの通過によって高速処理モードと高精度モードを切り換えることにより、境界通過時の応答時間を $2t + T$ とすることができ、境界通過を高精度で検出することができながら高速処理が可能になる。

【0060】これに対し、被検出物体5が高精度モードで動作するエリアR 2から高速処理モードで動作するエリアR 1へ向かって移動しているとすると、異なった動作状態となる。このような動作を図11により説明する。図11に示すように、被検出物体5が境界BDを通過する直後までは相関演算処理部16 bが選択されており、高精度モード（検出周期 T ）で動作している。境界BDを通過した被検出物体5が検出され、その画像15 a, 15 bが画像検出器12 a, 12 bに取り込まれると相関演算処理部16 bで相関演算処理され、検出周期 T 後には被検出物体5がエリアR 1内にある旨の高精度モードによる計測結果が出力される。この高精度モードにおける検出信号が出力されると、相関演算制御部21は相関演算処理部16 aを選択し、高速処理モード（検出周期 t ）に切り換わり、光電スイッチCの出力がオフ（オン）に切り換わる。

【0061】したがってこの場合には、境界通過時の応答時間（すなわち、被検出物体5がエリアR 1に入ってから被検出物体5がエリアR 1に入ったことを知らせる高精度モードによる検出信号が出力されるまでの最大時間）は、図11より分かるように $2T$ となる。よって、この場合には、高精度モードの相関演算処理部16 bだけを用いて被検出物体5がエリアに入ったことを検知する場合の応答時間と等しくなる。但し、出力のチャタリング防止などのために2度検知して結果が一致した時に検出信号を出力するようにする場合には、従来の光電スイッチでは応答時間が $3T$ になるのに対し、本発明の光電スイッチCでは応答時間は $2T + t$ となり、応答時間が短縮される。

【0062】このような測定方法は、例えば図13の場合において、被検出物体5が高精度モードで計測を行なっている検知エリアA Rの内部から高速処理モードで計測を行なっている検知エリアA Rの外部へ出て行く場合に用いることができる。

【0063】なお、この図13のような状況で第二のモード切換え方式（図9）を適用することもでき、図12のような状況で第三のモード切換え方式（図10, 図11）を適用することも可能である。

【0064】つぎに、上記実施例の改良を考える。上記実施例では、いずれも境界を越えたことを確認した後に処理モードを切り換えているので、応答時間が十分に短くなっていない。そこで、以下のように境界の通過を予測的に判定することによって応答時間をさらに短くすることを考える。

【0065】まず、第二のモード切換え方式の改良を説

明する。この方式では、図 1 4 に示すように、境界 B D の両側に ΔK の幅の予測領域 2 2 を設定している。そして、被検出物体 5 がこの予測領域 2 2 で検出されると高精度モードに切り換わり、それ以外の領域では高速処理モードとなるようにしている。このようなモードの切り換え方式によれば、エリア R 1 側から境界 B D に接近する被検出物体 5 が近い側の予測領域 2 2 内で検出されると、検出周期 t が経過して検知信号が出力された時に、高精度モードに切り換わる。このとき被検出物体 5 は境界を越えてエリア R 2 に入っているので、高精度モードで検出及び処理され、検出周期 T の後に高精度モードでの検知信号が出力され、光電スイッチ C の出力がオン（オフ）信号に変化する。従って、この場合には、図 1 4 から明らかなように、応答時間は $T + t$ となり、図 9 の方式の場合よりも一層応答時間が短くなる。よって、高精度モードの相関演算処理部 1 6 b だけを用いた場合よりも応答速度を向上させながら、その相関演算処理部 1 6 b だけを用いた時と同様に高精度となる。

【0 0 6 6】上記のような動作を確実にこなわせるためには、高速処理モード（検出時間 t ）における被検出物体 5 の検出位置が予測領域 2 2 内に確実に分配される必要がある。これは予測領域 2 2 の幅 ΔK が、高速処理モードでの検出位置の間隔 $V \times t$ （ V は被検出物体 5 の移動速度）よりも広いということであるから、

$$\Delta K \geq V \times t \quad \dots \textcircled{3}$$

とすれば、必ず応答時間は $t + T$ となる。ここで、被検出物体 5 の速度は、光電スイッチ C により検出タイミング t 毎に検出している距離 L_1, L_2, L_3, \dots から、 $(L_1 - L_2) / t$ 、 $(L_2 - L_3) / t$ 等として求めることができる。

【0 0 6 7】一方、あまり予測領域 2 2 の幅 ΔK を広くすると、被検出物体 5 が予測領域 2 2 内で 2 度以上検出される。この場合には、図 1 5 に示すように、応答時間は $2T$ となるので、高精度モードだけで用いる場合と同じになり、改善の効果が見られなくなる。予測領域 2 2 の幅 ΔK が、

$$\Delta K > 2V \times t$$

であると、予測領域 2 2 内で 2 度以上検出され、応答時間は $2T$ となる。従って、予測領域 2 2 の幅 ΔK としては、

$$V \times t \leq \Delta K \leq 2V \times t \quad \dots \textcircled{4}$$

の範囲内となるように決めるのが望ましい。但し、予測領域 2 2 の幅 ΔK を大部分の被検出物体 5 について④式を満たすように決めていたとしても、バラツキ等によって移動速度が $\Delta K / (2t)$ よりも遅いものが境界 B D を通過することもあり、その場合には応答時間は $2T$ となる。しかし、応答速度が要求される本来の理由は設定距離と出力時の距離との誤差をできるだけ小さくすることであり、この場合には誤差は ΔK に納まり高速性は要求されないの、応答時間が $2T$ でも問題にならない。

同様な理由により、予測領域 2 2 の幅 ΔK を決定する際にも、③式のみによって決めても差し支えない。

【0 0 6 8】図 1 6 はこのようなモード切り換え方式を用いる場合の具体例を示す図であって、光電スイッチ C から一定距離 K に定められた境界 B D よりも近い検知エリア A R ではオン信号が出力され、境界 B D よりも遠い領域ではオフ信号が出力される。また、境界 B D の前後に幅 ΔK の予測領域 2 2 を設けてあり、 $K \pm \Delta K$ で高精度モードに切り換えられるようになっている。このようにすれば、被検出物体 5 が境界 B D を通過する際の応答時間を $t + T$ にすることができる。

【0 0 6 9】つぎに、第三のモード切り換え方式の同様な改良を説明する。この方式の場合にも、高速処理モードのエリア R 1 から高精度モードのエリア R 2 へ移動する場合には、境界 B D よりもエリア R 1 側に幅 ΔK の予測領域 2 2 を設け、予測領域 2 2 で高精度モードに切り換わるようにすれば、図 1 7 に示すように、応答時間を $t + T$ に短くすることができる。この結果、高精度モードの相関演算処理部 1 6 b だけを用いた場合よりも応答速度を向上させながら、その相関演算処理部 1 6 b だけを用いた時と同様に高精度となる。

【0 0 7 0】この場合にも、上記③式もしくは④式を満たすように予測領域 2 2 の幅 ΔK を決めるのが好ましい。

【0 0 7 1】これに対し、境界 B D から高精度モードのエリア R 2 側に予測領域 2 2 を設けることは意味がないから、この方式の場合には予測領域 2 2 は一方にのみ設ければ十分である。

【0 0 7 2】また、被検出物体 5 の移動速度 V は、光電スイッチ C の測距機能を利用すれば容易に計算することができるので、被検出物体 5 の移動速度 V を計測し、移動速度 V に応じて予測領域 2 2 の幅 ΔK を自動調整するようにしてもよい。例えば、上記③式や④式を満たすように幅 ΔK を自動調整すればよい。

【0 0 7 3】（予測領域の幅 ΔK と測定誤差との関係）光電スイッチ C から被検出物体 5 までの距離測定結果はある測定誤差 Z を持っている。高速処理モードの相関演算処理部 1 6 a の測定誤差を Z_2 とし、高精度モードの相関演算処理部 1 6 b の測定誤差を Z_1 とすると、 $Z_1 < Z_2$ である。そこで、上記予測領域 2 2 の幅 ΔK を $Z_2 < \Delta K$

となるように設定する。例えば、図 9 のような場合、被検出物体 5 が境界 B D の前後 ΔK の予測領域 2 2 に入るまでは光電スイッチ C は、相関演算処理部 1 6 a によって高速に動作しているが、このように設定すると、被検出物体 5 が予測領域 2 2 にも入っていないにも拘らず、測定誤差 Z_1, Z_2 によって計測距離が境界 B D を越えたエリアに入ったと誤判定されることがなくなり、相関演算処理部 1 6 a の動作中は光電スイッチ C からオン信号が出力されることがない。このように幅 ΔK を設定す

ると、光電スイッチCのオン動作時には常に相関処理部16bが使用されるので、高精度となる。

【0074】（相関演算処理部の検出周期と測定回数との関係）上記のように、相関演算処理部16aは小さな検出周期 t を持ち、相関演算処理部16bは大きな検出周期 T を持っており、相関演算処理部16bは相関演算処理部16aよりも距離検出誤差が小さい。このように検出周期 t 、 T の異なる2つの相関演算処理部16a、16bを構成するには、以下のようにする。各相関演算処理部16a、16bにおいては、距離検出精度を向上

させるため検出周期 t 、 T 内に複数回の測定を行い、その平均値を検出距離としている。具体的にいうと、図18に示す相関演算処理部16aの処理フローのように、量子化部15a、15bから量子化データを読み込み（S31）、量子化データに相関演算を施して相互シフト量 X を求め（S32）、相互シフト量 X から被検出物体5までの距離 L を計算する（S33）。この距離計算が所定回数 N_A になるまで上記処理を繰り返し（S34）、所定回数 N_A に達したら N_A 個の距離データの平均値を求め（S35）、これを距離データとして判別制御部18へ出力する（S36）。相関演算処理部16bも同様な処理を実行するが、繰り返し回数が相関演算処理部16aとは異なり、 N_B 回となっている。

【0075】従って、この測定回数 N_A 、 N_B を異ならせれば、検出周期の長さが変化するとともに測定精度も変化する。つまり、相関演算処理部16bの測定回数 N_B を相関演算処理部16aの測定回数 N_A よりも大きくすれば（ $N_A < N_B$ ）、相関演算処理部16bは検出周期 T が大きくなり、高精度となる。

【0076】（相関演算処理部の性能と量子化誤差との関係）相関演算処理部16a、16bの検出周期を $t < T$ となるようにする別な方法としては、相関演算処理部16aにおける量子化誤差を ΔP_a とし、相関演算処理部16bにおける量子化誤差を ΔP_b とすると、 $\Delta P_b < \Delta P_a$

となるようにすることである。

【0077】図19（a）（b）にはそれぞれ量子化誤差が ΔP_b と $\Delta P_a (= 2 \times \Delta P_b)$ の場合について量子化後の画像データ（量子化データ）を示している。ここに示しているように、量子化誤差 ΔP が小さいほど被検出物体5の像を正確に再現できるが、量子化誤差 ΔP が大きくなると被検出物体5の像を正確に再現できなくなり、相関演算の結果である相互シフト量 X の誤差が大きくなる。このため、図20に示すように、量子化誤差 ΔP が小さいほど距離検出誤差 ΔL は小さくなる。従って、距離検出精度を上げるためには、相関演算に使用する画像データ量の量子化誤差 ΔP が小さいほどよく、相関演算処理部16bの量子化誤差 ΔP_b を相関演算処理部16aの量子化誤差 ΔP_a よりも小さくすればよい。

しかし、図21に示すように、量子化誤差 ΔP が小さく

なると扱う量子化データ量が増大するために検出周期は増加する。

【0078】このように2つの相関演算処理部16a、16bの量子化誤差 ΔP_a 、 ΔP_b を異ならせる一つの方法を図22のフロー図に示す。図22（a）は相関演算処理部16aにおける処理方法を示し、図22（b）は相関演算処理部16bにおける処理方法を示す。相関演算処理部16aにおいては、量子化部15a、15bから量子化データを読み込んだ（S41）後、量子化誤差変換を行なう（S42）。この量子化誤差変換の処理は、例えば、量子化データを2で割り（S42a）、ついで四捨五入し（S42b）、再び量子化データを2倍する（S42c）ものである。量子化データを2で割ると2進データでは1桁桁数が下がり、これを四捨五入すると情報量が少なくなるので、この後再び2倍して1桁桁数を上げたとしても（1の位は「0」となるので、有効ビット数が減少する）情報が不正確となって誤差が増す。相関演算処理部16aはこのように量子化誤差変換を施されて誤差の大きくなった量子化データに基づいて相関演算を行なって相互シフト量 X を求め（S43）、相互シフト量 X から被検出物体5までの距離 L を求め（S44）、これを距離データとして判別制御部18へ出力する（S45）。一方、相関演算処理部16bにおいては、量子化誤差変換は行なわれず、読み込まれた量子化データを直接相関演算して相互シフト量 X を求め（S41、S43）、相互シフト量 X から被検出物体5までの距離 L を求め（S44）、この距離データを判別制御部18へ出力する（S45）。この結果、相関演算処理部16aの量子化誤差 ΔP_a は相関演算処理部16bの量子化誤差 ΔP_b よりも大きくなる。

【0079】（相関演算処理部の性能と画素ピッチとの関係）また、距離検出精度を上げるためには、相関演算結果である相互シフト量 X の測定誤差が小さければ良い。位相差方式では2つの画像検出器12a、12bから得られる画像データを順次シフトしていき、2つの画像データが一致したときの画像シフト量を相互シフト量 X としている。このとき相互シフト量 X の誤差は画像検出器12a、12bの画素ピッチ n に等しい。従って、相関演算処理部16bの精度が相関演算処理部16aの精度よりも高くなるようにするためには、相関演算処理部16aにおける画素ピッチを n_a とし、相関演算処理部16bにおける画素ピッチを n_b とすると、 $n_b < n_a$

となっていればよい。

【0080】図23（a）（b）には、画素ピッチが n_b と $n_a (= 2 \times n_b)$ の場合について量子化後の画像データ（量子化データ）を示している。ここで示しているように、画素ピッチ n が小さいほど被検出物体5の像を正確に再現できるが、画素ピッチ n が大きくなると、被検出物体5の像を正確に再現できなくなり、相関演算

の結果である相互シフト量 X の誤差が大きくなる。このため、図 2 4 に示すように、画素ピッチ n が小さいほど距離検出誤差 ΔL は小さくなる。従って、距離検出精度を上げるためには、相関演算に使用する画素ピッチ n が細かいほどよく、相関演算処理部 1 6 b の画素ピッチ n_b を相関演算処理部 1 6 a の画素ピッチ n_a よりも小さくすればよい。しかし、画素ピッチ n が小さくなると扱う量子化データ量が増大するため、図 2 5 に示すように検出周期は増加する。

【0081】このように 2 つの相関演算処理部 1 6 a, 1 6 b の画素ピッチ n_a , n_b を異ならせる一つの方法を図 2 6 のフロー図に示す。図 2 6 (a) は相関演算処理部 1 6 a における処理方法を示し、図 2 6 (b) は相関演算処理部 1 6 b における処理方法を示す。相関演算処理部 1 6 a においては、量子化部 1 5 a, 1 5 b から量子化データを読み込んだ (S 5 1) 後、画素ピッチ変換を行なって 2 画素毎の量子化データに変換する (S 5 2)。2 画素毎の量子化データに変換するには、1 つおきの量子化データを捨ててもよく、連続する 2 画素の量子化データを平均してもよい。この後、相関演算処理部 1 6 a は画素ピッチ変換された量子化データに基づいて相関演算を行なって相互シフト量 X を求め (S 5 3)、相互シフト量 X から被検出物体 5 までの距離 L を求め (S 5 4)、これを距離データとして判別制御部 1 8 へ出力する (S 5 5)。一方、相関演算処理部 1 6 b においては、画素ピッチ変換は行なわれず、読み込まれた量子化データを直接相関演算して相互シフト量 X を求め (S 5 1, S 5 3)、相互シフト量 X から被検出物体 5 までの距離 L を求め (S 5 4)、この距離データを判別制御部 1 8 へ出力する (S 5 5)。なお、図 2 6 (a) では、 $2n_b = n_a$ の場合を示すが、 $n_b < n_a$ であればよく、 n_a と n_b の比は問わない。

【0082】(距離誤差率の利用) つぎに距離誤差率を利用して検出周期の異なる相関演算処理部 1 6 a, 1 6 b を設計する方法を説明する。被検出物体 5 までの距離を L 、受光レンズ 1 1 a, 1 1 b の焦点距離及び光軸間の距離をそれぞれ f 、 L_o とすると、距離 L は前記①式より

$$L = (L_o \cdot f) / X \quad \dots \textcircled{1}$$

であるから、相互シフト量 X の誤差を ΔX とすると、距離 L の誤差 ΔL は、①式より、

$$\Delta L = - (L_o \cdot f) \cdot \Delta X / X^2 = - [L^2 / (L_o \cdot f)] \Delta X$$

と表わされる。これより距離誤差率を D (%) とすると、

$$D = |\Delta L / L| \times 100 = 100 \Delta X \cdot L / (L_o \cdot f)$$

が得られる。このように距離誤差率 D は、距離 L と相互シフト量の誤差 ΔX にそれぞれ比例する。

【0083】したがって、距離誤差率 D と被検出物体 5

との距離 L との関係は、図 2 7 に示すような直線 2 3, 2 4 で表わされる。ここで、距離誤差率 D は相互シフト量の誤差 ΔX に比例しているため、直線 2 3 は直線 2 4 よりも誤差 ΔX が大きい場合を示している。この直線 2 3, 2 4 で表わされるような特性を有する 2 つの相関演算処理部 1 6 a, 1 6 b を作製したとすると、直線 2 3 で表わされる特性を有する側が相関演算処理部 1 6 a に対応し、直線 2 4 で表わされる特性を有する側が相関演算処理部 1 6 b に対応することになる。こうして作製した相関演算処理部 1 6 a を使用すると、検出周期が t であるので、相関演算処理部 1 6 b よりも高速応答性を達成できるが、直線 2 3 に対応するので距離誤差率 D は相関演算処理部 1 6 b よりも劣る。

【0084】しかして、図 2 7 から分かるように、被検出物体 5 までの距離 L が近い部分では距離 L の遠い部分に比べて距離誤差率 D は小さくなっている。このことを利用すると、図 2 8 に示すように、ある任意の距離 L_x よりも近い部分では相関演算処理部 1 6 a (直線 2 3 に対応) を用い、 L_x よりも遠い部分では相関演算処理部 1 6 b (直線 2 4 に対応) を用いることにより、全体の距離検出精度は落とさずに L_x よりも近い部分での応答時間を短くすることができる。特に、光電スイッチ C の最大検出距離 L_{max} に対応して距離誤差率 D の最大値が D_{max} と決まっている場合には、図 2 9 に示すように、相関演算処理部 1 6 a を用いて距離誤差率 $D = D_{max}$ となる被検出物体 5 までの距離 L を L_x とすれば、全体の距離誤差率 D は D_{max} 以下になり、かつ距離 L_x を最大にできる。

【0085】以上説明したように、検出周期の異なる相関演算処理部を構成する方法は種々考えられるが、上記の各方式を 2 つ、もしくは 3 つ以上組み合わせることもできる。

【0086】(外部信号による相関演算処理部の選択) さらに別な光電スイッチの実施例を図 3 0 に示す。この光電スイッチ E にあつては、距離誤差率 D の異なる複数の相関演算処理部 1 6 a, 1 6 b を備えており、この複数の相関演算処理部 1 6 a, 1 6 b のうち、どの精度の相関演算処理部 1 6 a, 1 6 b を使用するかを、外部信号によって選択できるようにしたものである。例えば、図 3 0 に示すように光電スイッチ E に取り付けられた外部スイッチ 2 5 や電線コードにより、外部から相関演算制御部 2 1 へ電気信号等を送信し、それによって指定した相関演算処理部 1 6 a, 1 6 b が相関演算制御部 2 1 により選択されるようにする。

【0087】これにより、使用者が高速性を要求する場合や被検出物体 5 までの距離が近い場合には、検出周期 t の短い相関演算処理部 1 6 a を選択でき、使用者が低い距離誤差率 D を要求する場合や被検出物体 5 までの距離が遠い場合には、距離誤差率 D が小さい相関演算処理部 1 6 b を選択することができる。さらに F A (ファク

トリ・オートメーション) ライン用の光電スイッチ E として使用されている場合には、被検出物体 5 の移動速度や寸法が変化した場合に、光電スイッチ E を交換することなく外部スイッチ 2 5 などを切り換えることで対応することができる。また、外部スイッチに代えてプログラマブルなコンピュータから相関演算処理部 2 1 へ外部信号を送って切り換えるようにすれば、より複雑な制御が可能になる。

【0088】なお、上記各実施例では、光電スイッチを高速処理／低精度モードと低速処理／高精度モードに切り換えるためには、複数の相関演算処理部を設け、使用する相関演算処理部を切り換えるようにしたが、必ずしも相関演算処理部による必要はない。例えば、高速処理／低精度モード用の量子化部と低速処理／高精度モード用の量子化部等の複数組の量子化部を設け、使用する量子化部を切り換えるようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】従来例の三眼式反射型光電スイッチの投光部及び受光部の構成を示す構成図である。

【図 2】(a) (b) (c) (d) は位相差方式により画像のずれ量を求める原理を説明する図である。

【図 3】位相差方式を適用した光電スイッチの受光部及び信号処理部の構成を示すブロック図である。

【図 4】検出周期と応答時間との関係を説明する図である。

【図 5】(a) は高精度の光電スイッチの出力タイミングを示す図、(b) は光電スイッチの出力の変化を示す図である。

【図 6】(a) は高速処理の光電スイッチの出力タイミングを示す図、(b) は光電スイッチの出力の変化を示す図である。

【図 7】本発明の一実施例による光電スイッチの受光部及び信号処理部の構成を示すブロック図である。

【図 8】高精度の距離測定が必要ない場合の一例を示す図である。

【図 9】境界通過時に高精度モードに切り換わる方式の説明図であって、(a) はエリア、(b) は被検出物体の検出時の位置、(c) は出力タイミング、(d) は処理モード、(e) は光電スイッチの出力を示す。

【図 10】一方のエリアで高速処理モードとなり、他方のエリアで高精度モードとなるモード切換え方式の説明図であって、(a) はエリア、(b) は被検出物体の検出時の位置、(c) は出力タイミング、(d) は処理モード、(e) は光電スイッチの出力を示す。

【図 11】一方のエリアで高速処理モードとなり、他方のエリアで高精度モードとなるモード切換え方式の別な状況における説明図であって、(a) はエリア、(b) は被検出物体の検出時の位置、(c) は出力タイミング、(d) は処理モード、(e) は光電スイッチの出力を示す。

【図 12】境界通過時に高精度モードに切り換わる方式を用いる場合の一例を示す図である。

【図 13】一方のエリアで高速処理モードとなり、他方のエリアで高精度モードになるモード切換え方式を用いる場合の一例を示す図である。

【図 14】境界通過時に高精度モードに切り換わる方式の改良を示す説明図であって、(a) はエリア、(b) は被検出物体の検出時の位置、(c) は出力タイミング、(d) は処理モード、(e) は光電スイッチの出力を示す。

【図 15】同上の予測領域の幅の限定理由を説明するための図である。

【図 16】同上の方式を用いて被検出物体を検出する場合の例を示す図である。

【図 17】一方のエリアで高速処理モードとなり、他方のエリアで高精度モードとなるモード切換え方式の改良を説明する図であって、(a) はエリア、(b) は被検出物体の検出時の位置、(c) は出力タイミング、

(d) は処理モード、(e) は光電スイッチの出力を示す。

【図 18】相関演算処理部の処理手順の一例を示すフロー図である。

【図 19】(a) (b) は量子化誤差が小さな場合と量子化誤差が大きな場合における、量子化データを示す図である。

【図 20】量子化誤差と距離検出誤差との関係を説明する図である。

【図 21】量子化誤差と検出周期との関係を示す図である。

【図 22】相関演算処理部における量子化誤差を異ならせるための手法を示すフロー図である。

【図 23】(a) (b) は画素ピッチが小さな場合と画素ピッチが大きな場合における、量子化データを示す図である。

【図 24】画素ピッチと距離検出誤差との関係を説明する図である。

【図 25】画素ピッチと検出周期との関係を示す図である。

【図 26】相関演算処理部において画素ピッチを異ならせるための手法を示すフロー図である。

【図 27】距離誤差率と被検出物体までの距離との関係を示す図である。

【図 28】相関演算処理部の切り換え方法を説明する図である。

【図 29】相関演算処理部の別な切り換え方法を説明する図である。

【図 30】本発明のさらに別な実施例による光電スイッチを示すブロック図である。

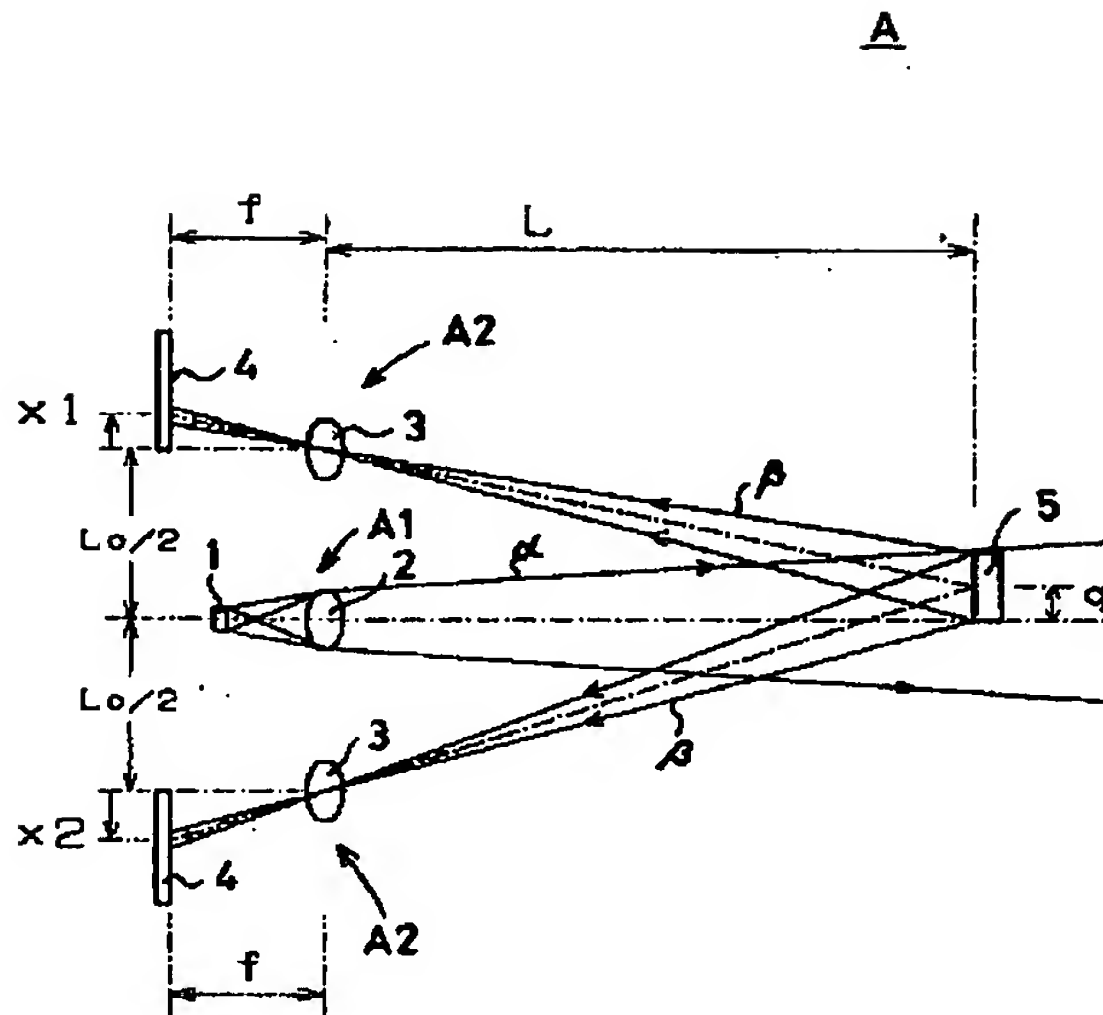
【符号の説明】

50 5 被検出物体

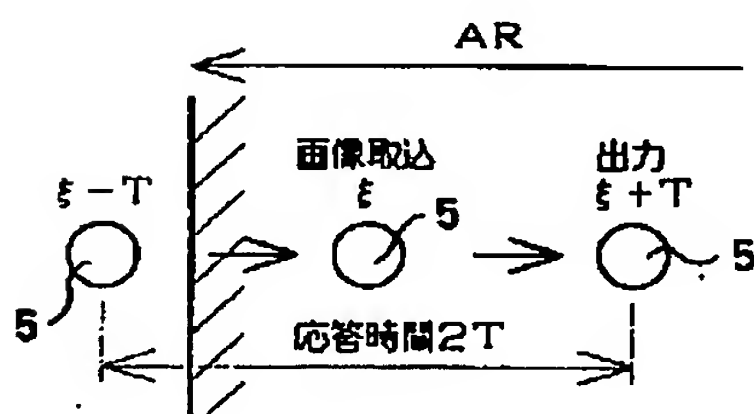
23

- 11a, 11b 受光レンズ
 12a, 12b 画像検出器
 15a, 15b 量子化部
 16a, 16b 相関演算処理部

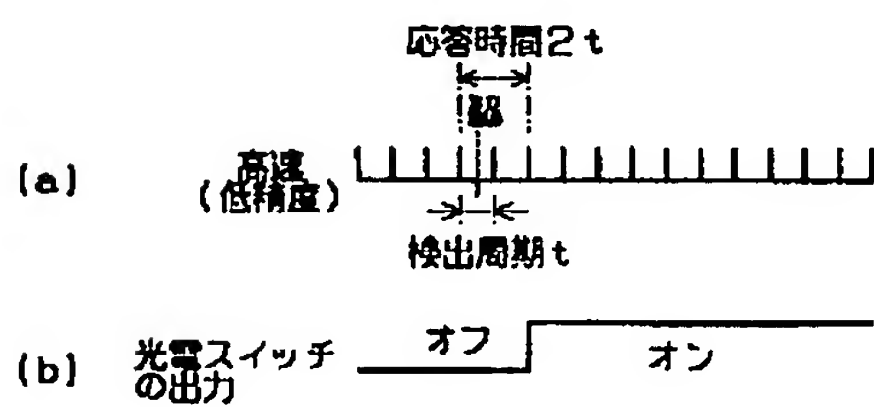
【図1】



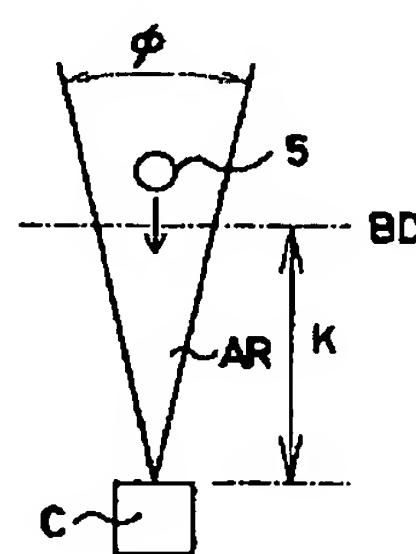
【図4】



【図6】



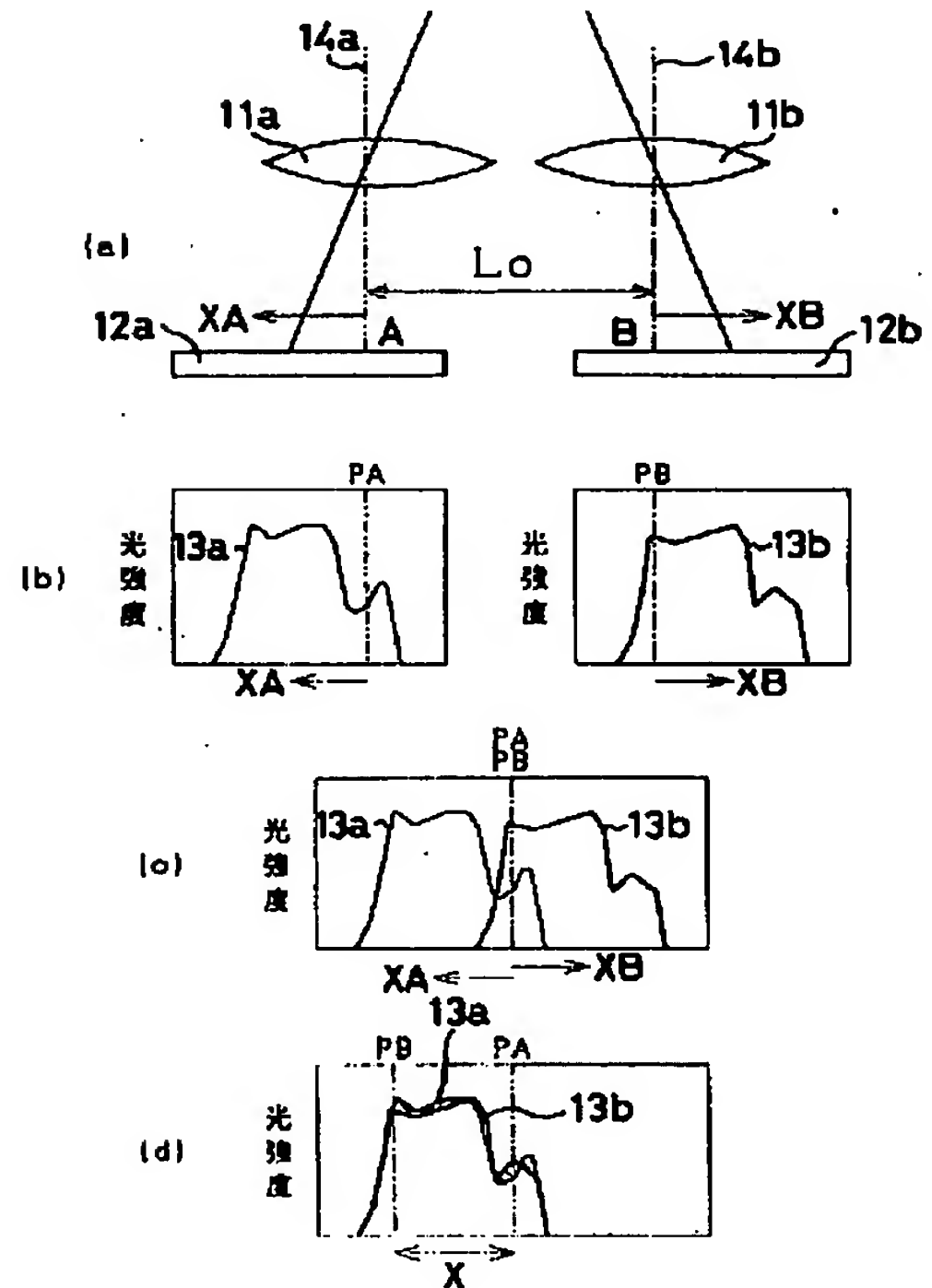
【図12】



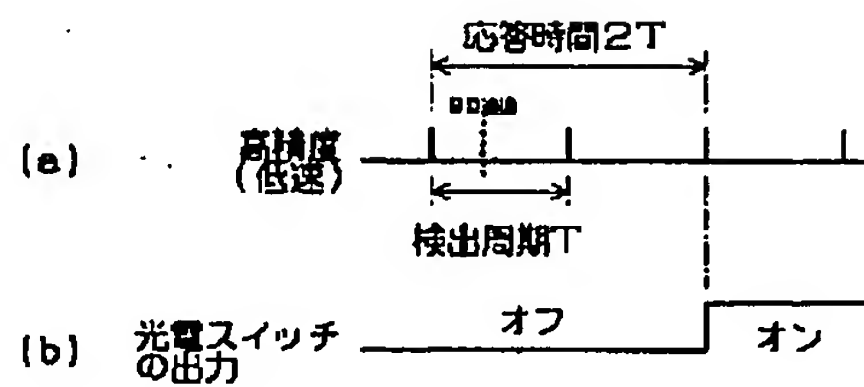
24

- 22 予測領域
 t 高速処理/低精度モードにおける検出周期
 T 低速処理/高精度モードにおける検出周期

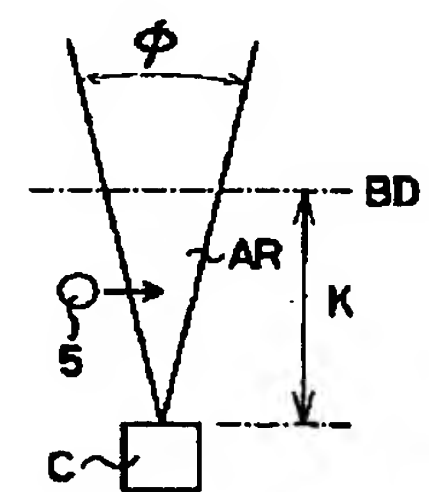
【図2】



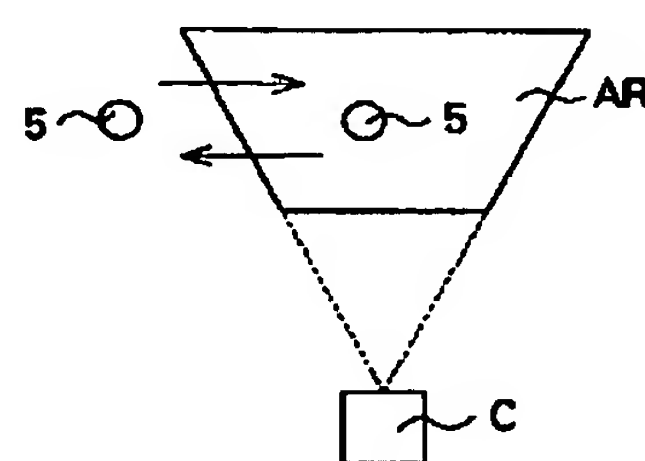
【図5】



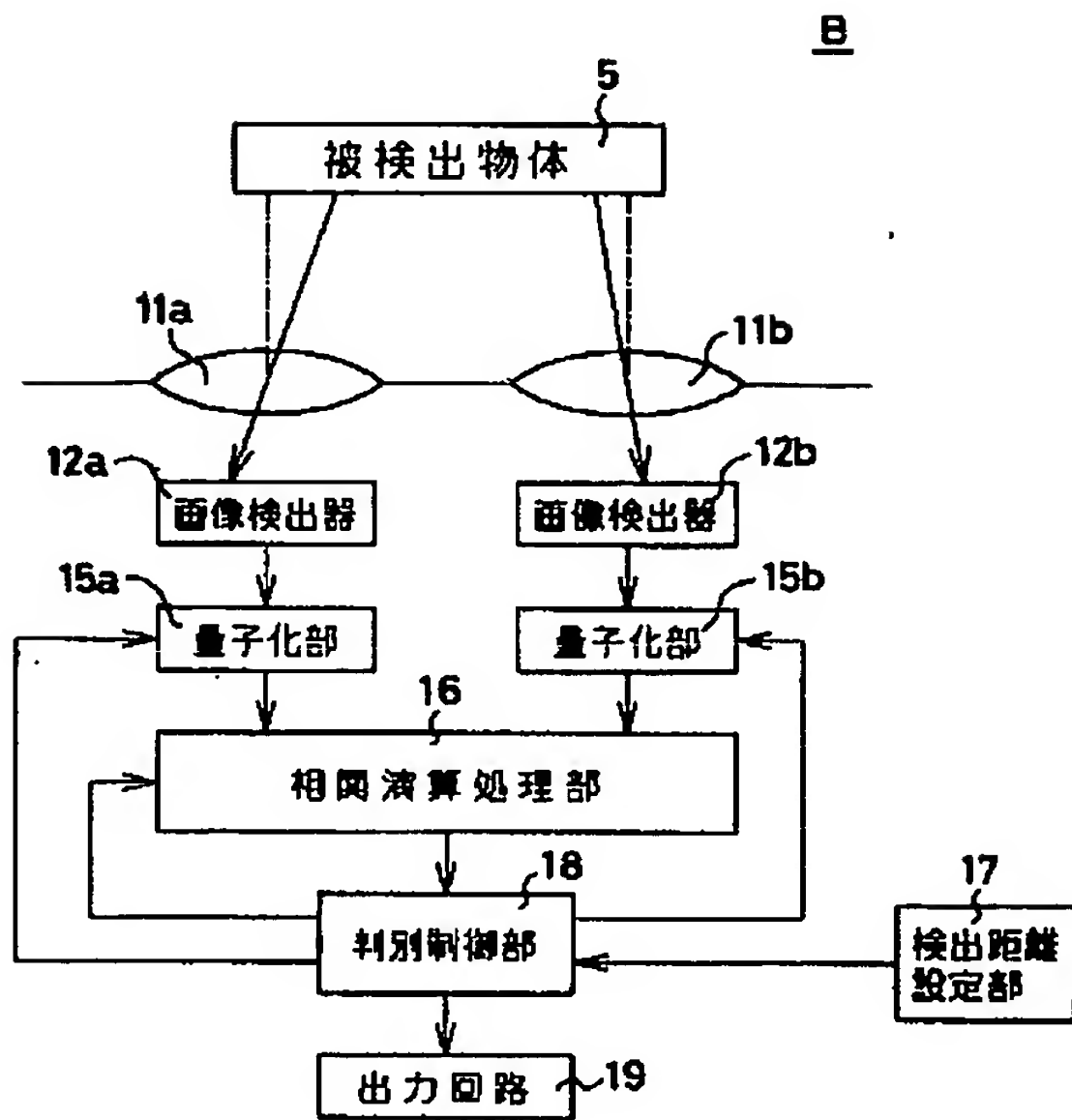
【図8】



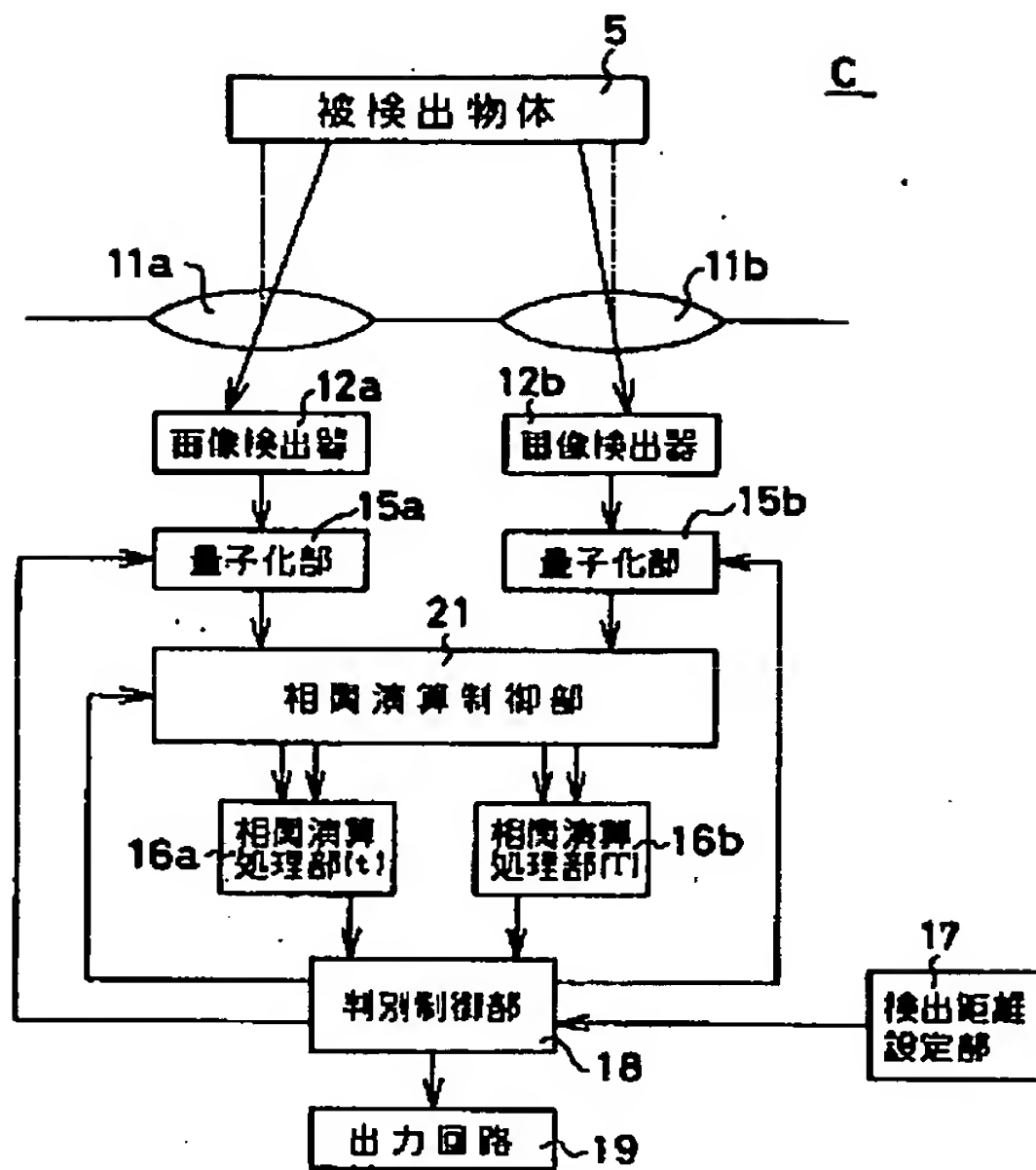
【図13】



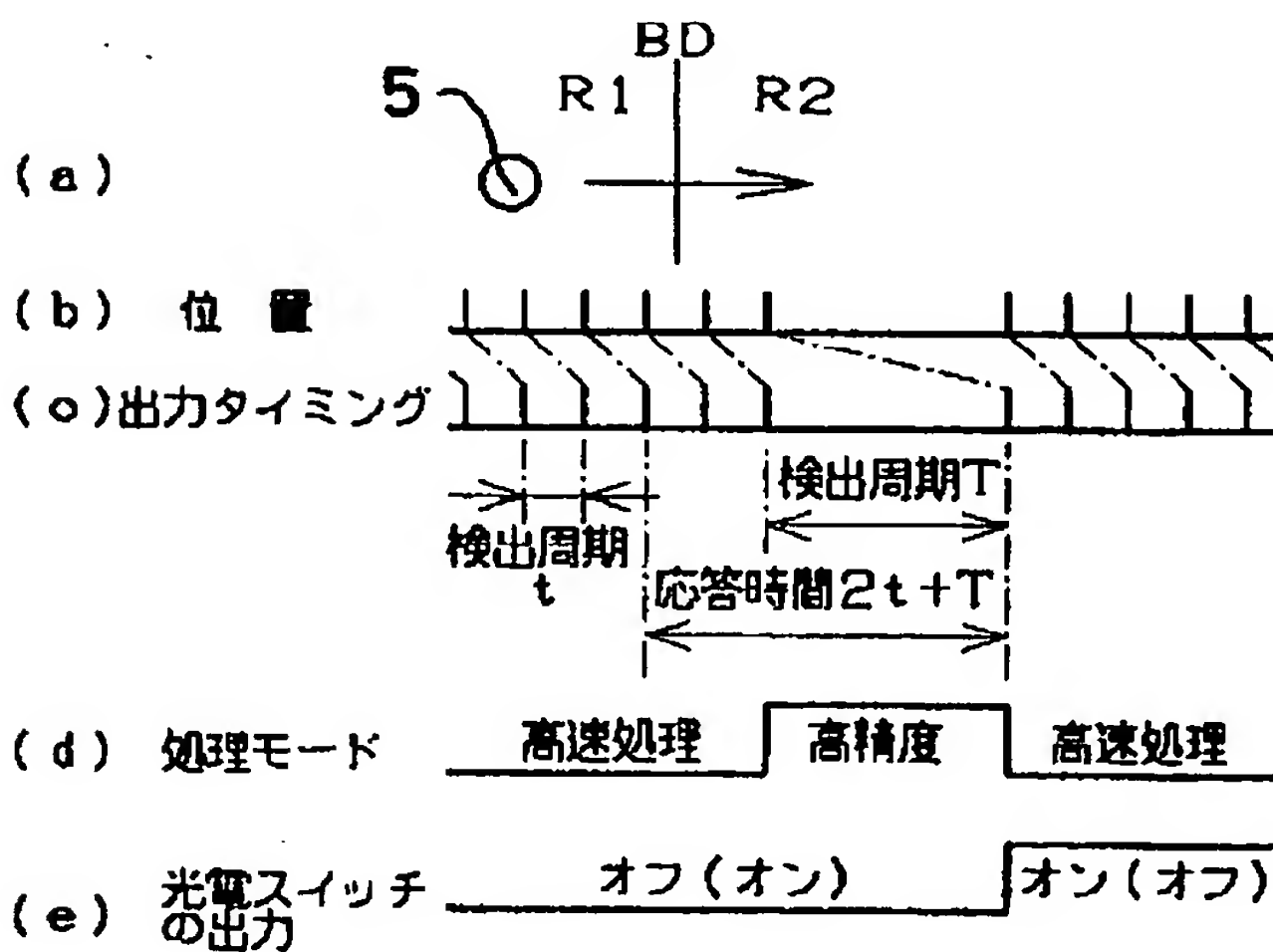
【図 3】



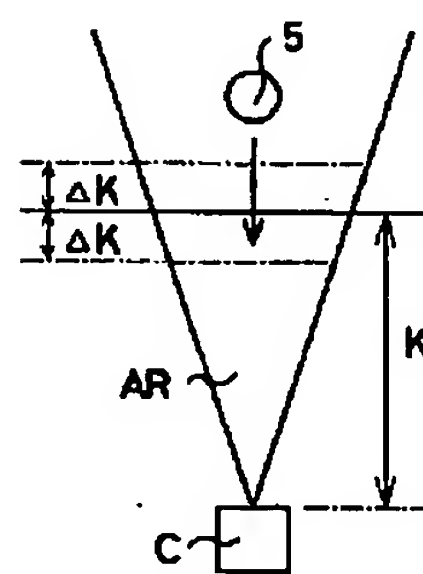
【図 7】



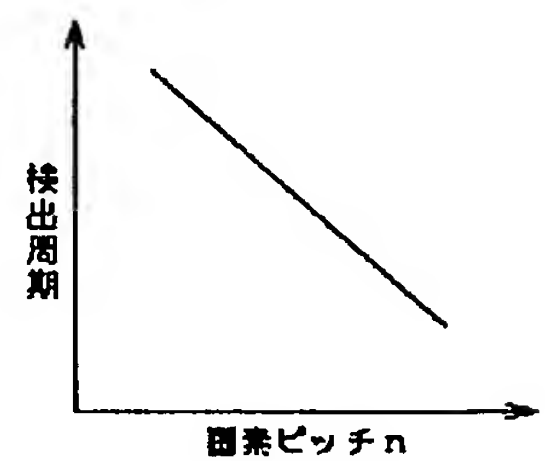
【図 9】



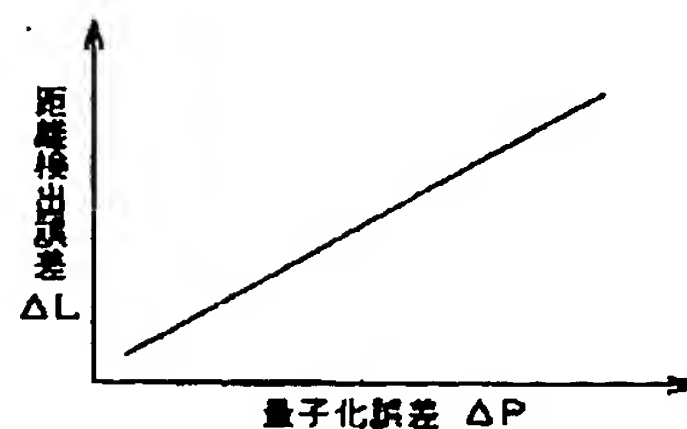
【図 16】



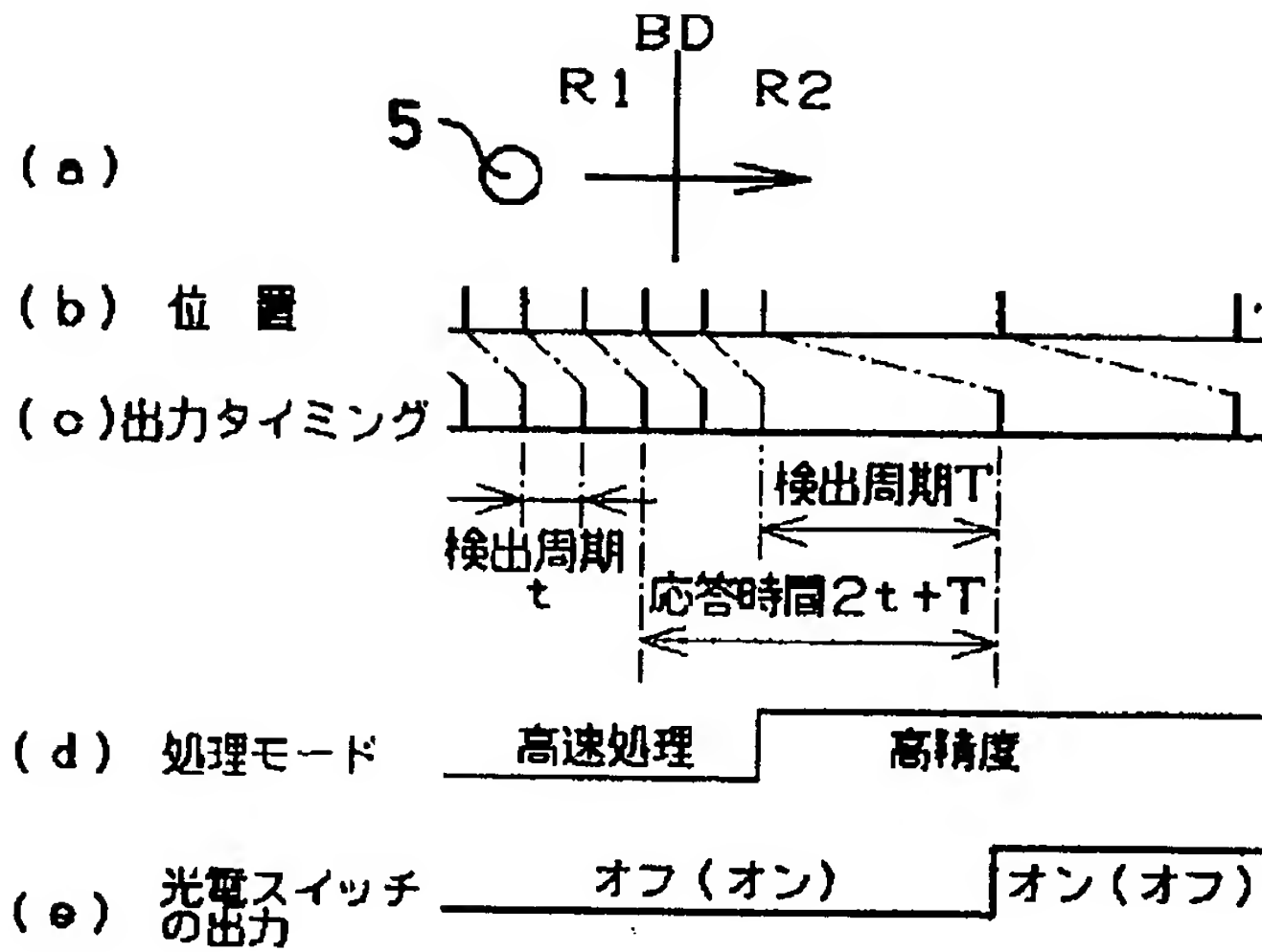
【図 25】



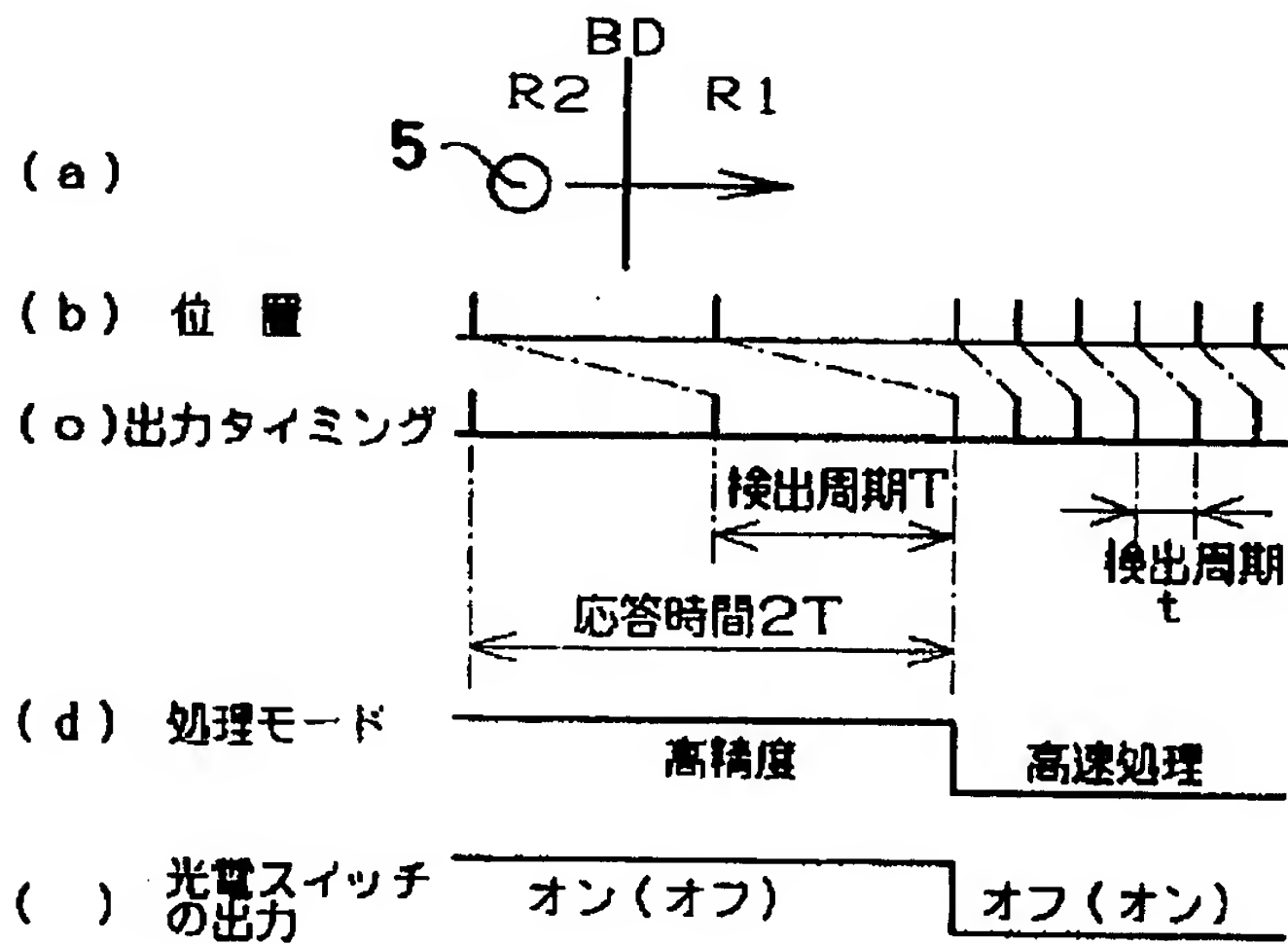
【図 20】



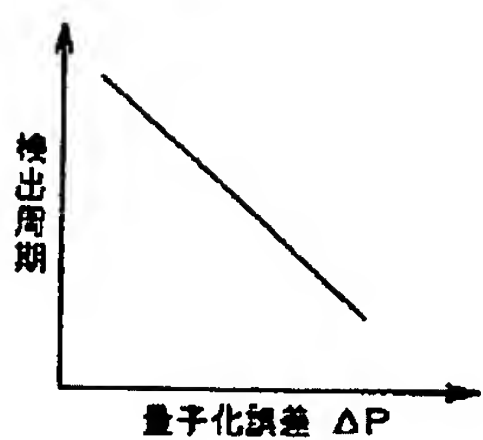
【図10】



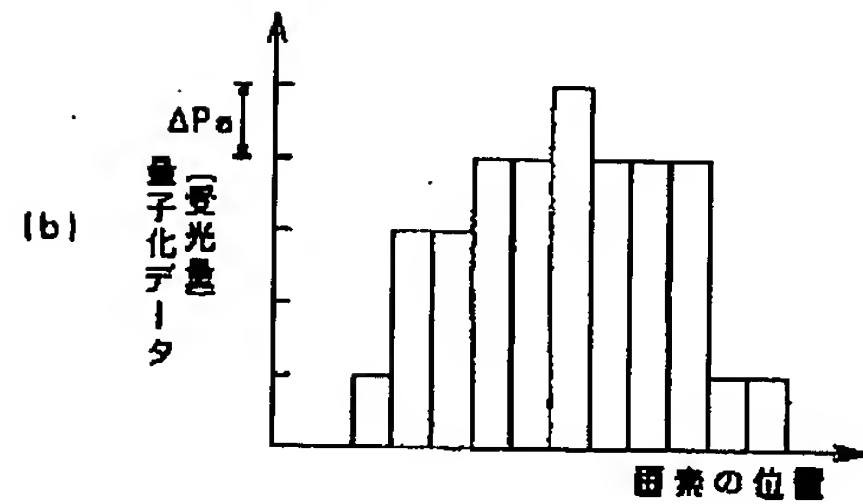
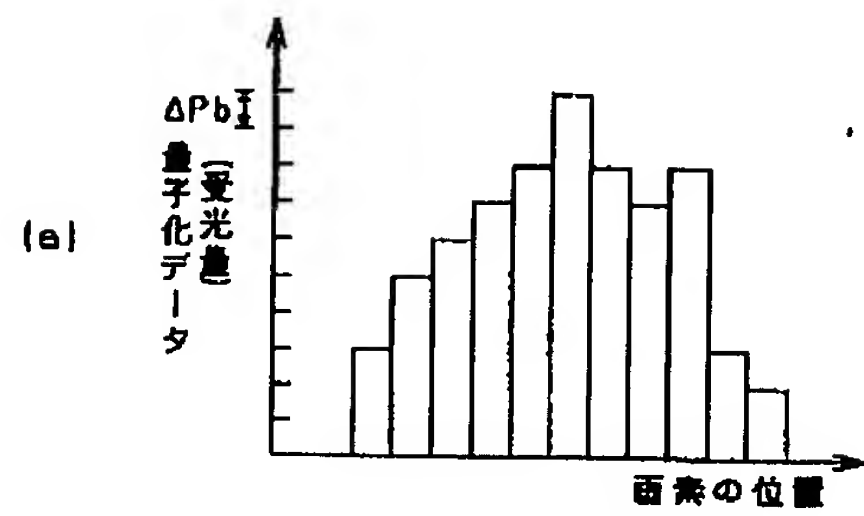
【図11】



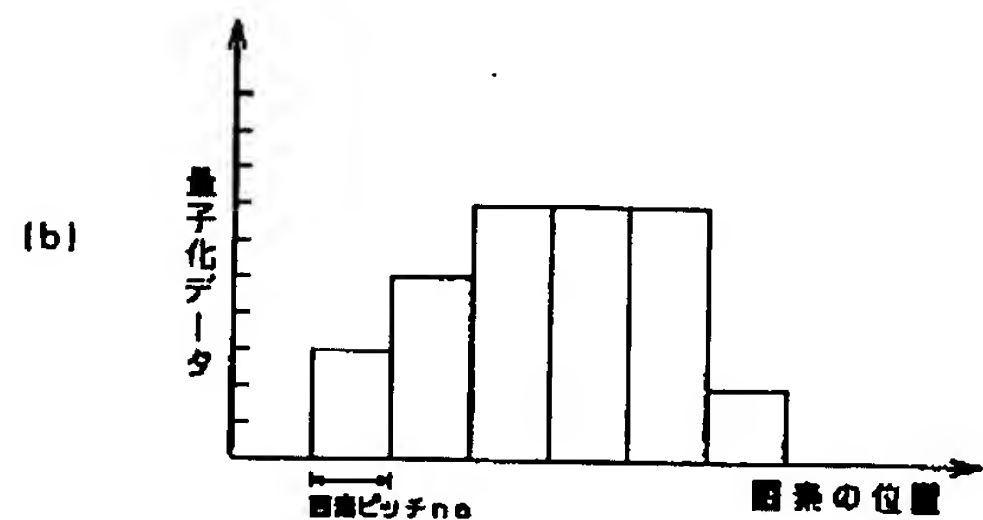
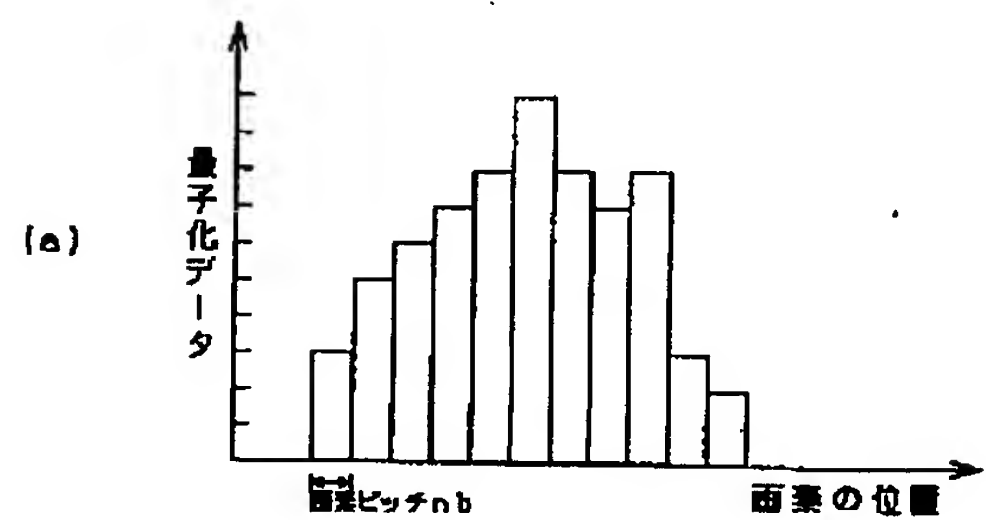
【図21】



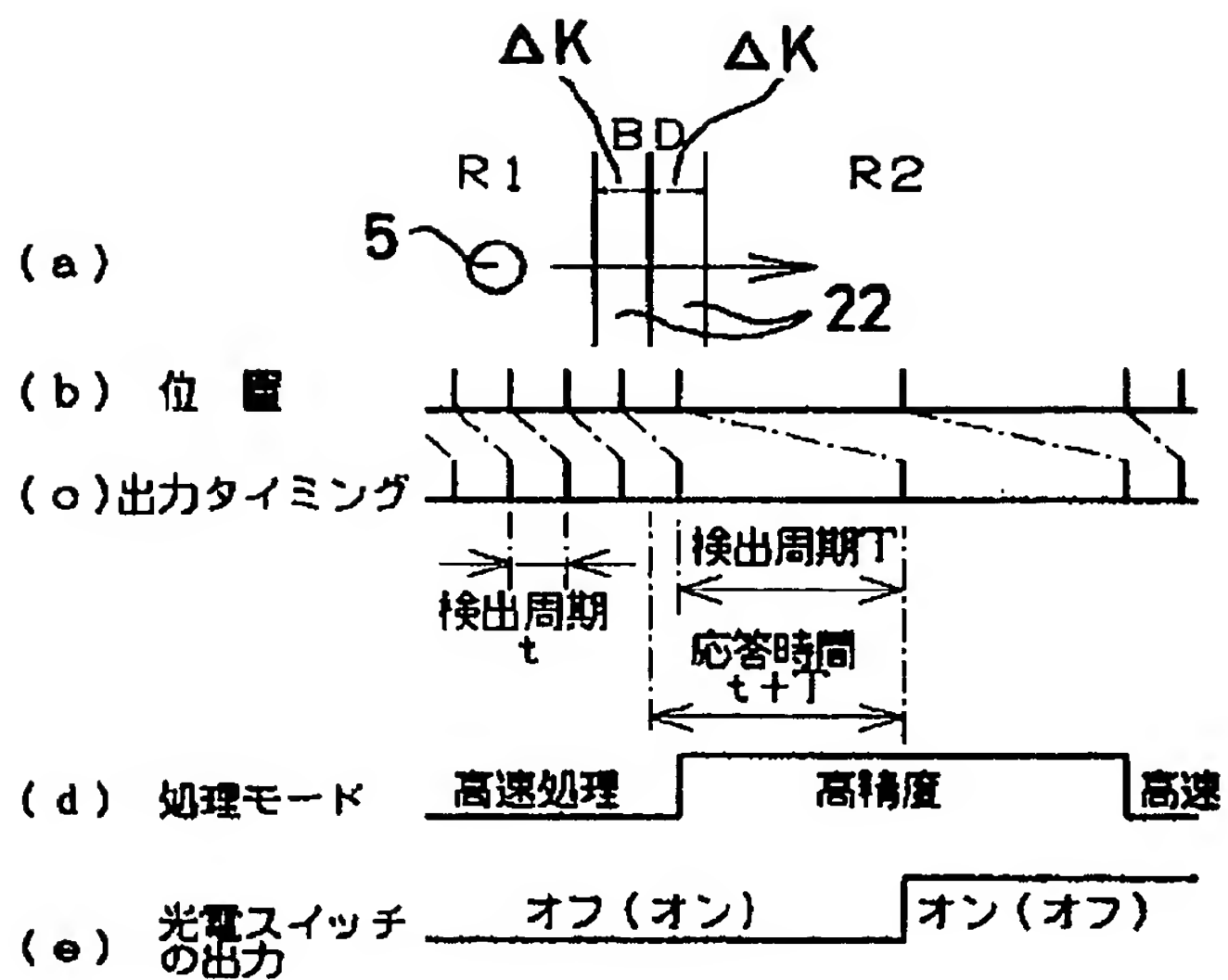
【図19】



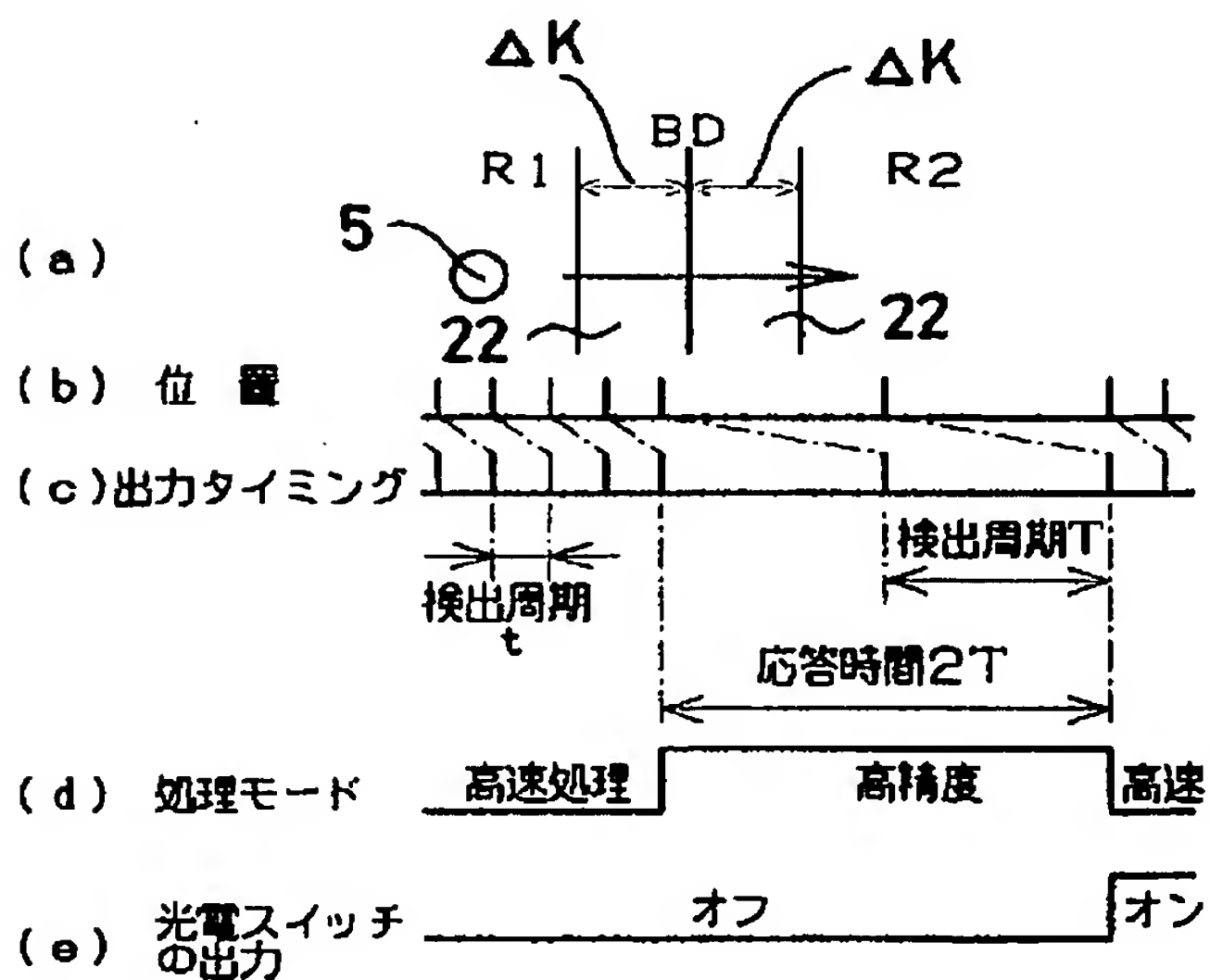
【図23】



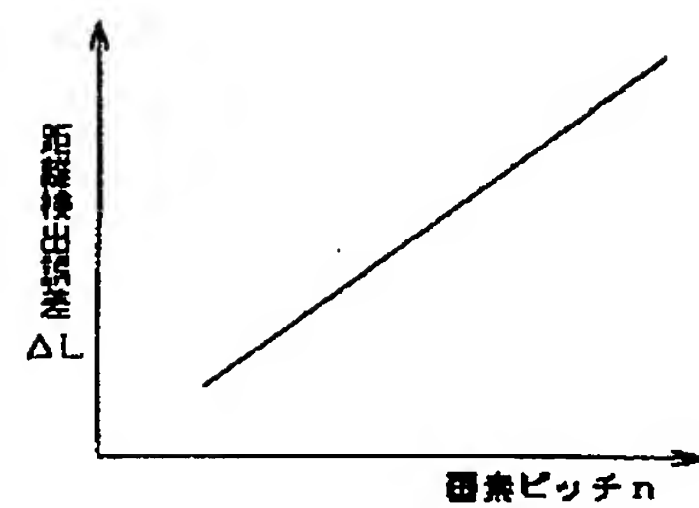
【図14】



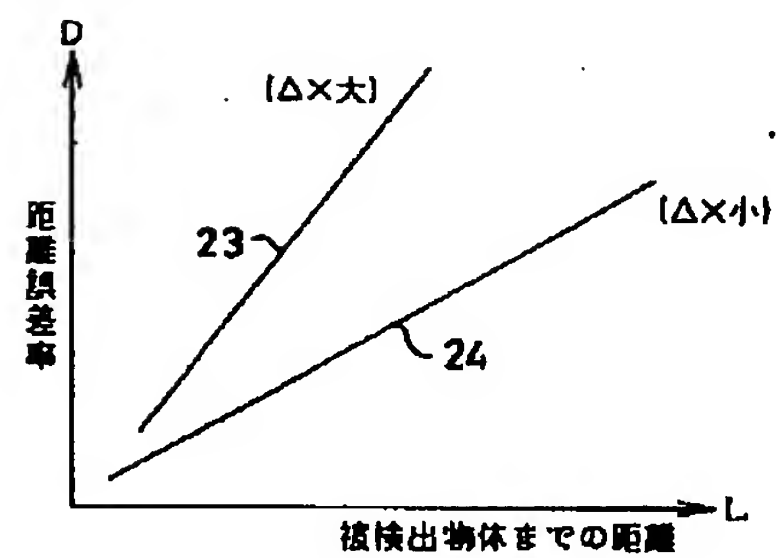
【図15】



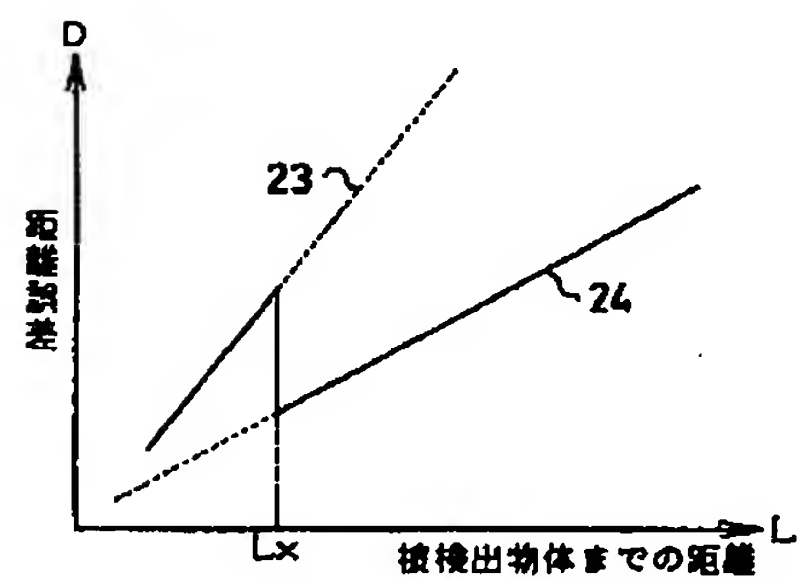
【図24】



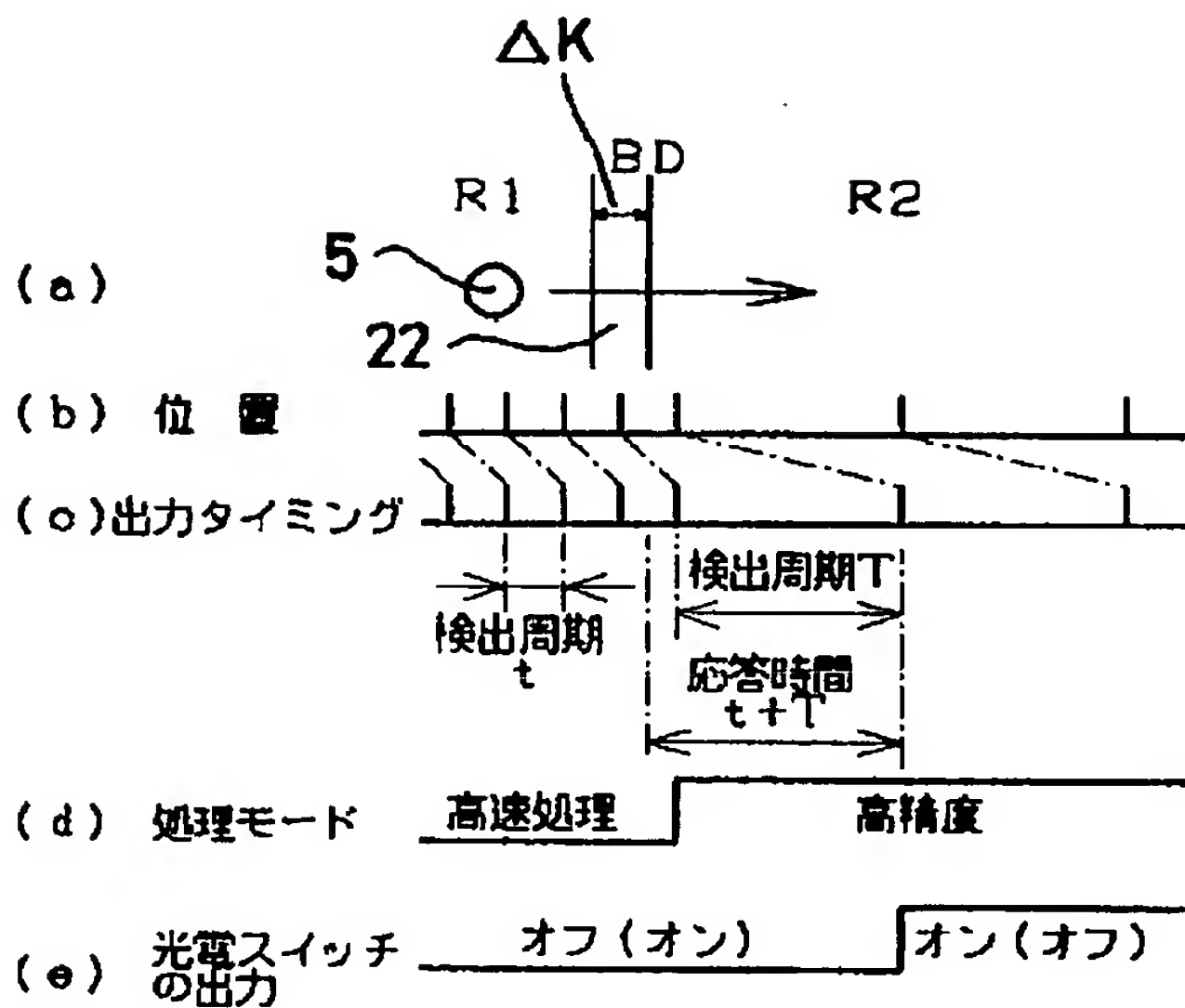
【図27】



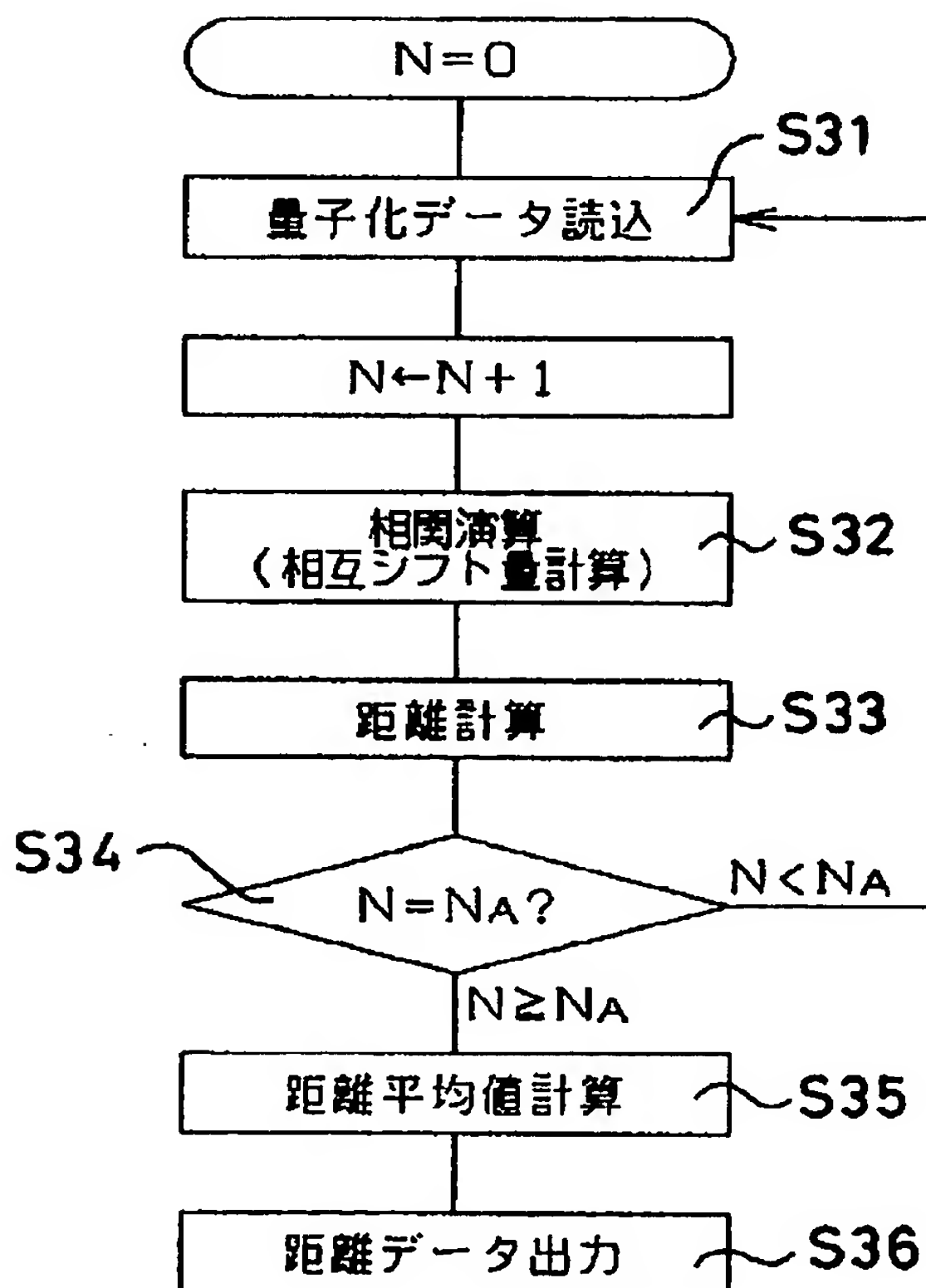
【図28】



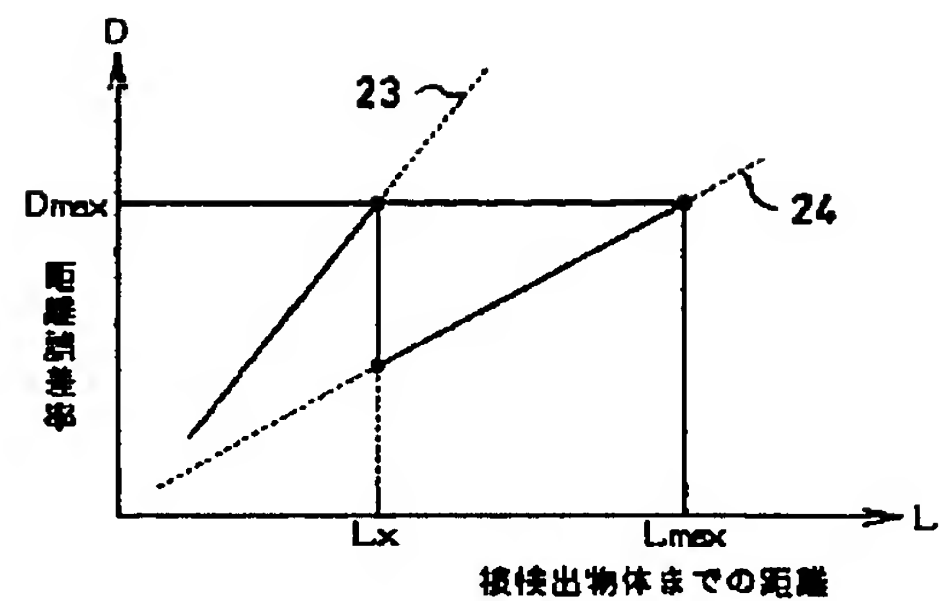
【図 17】



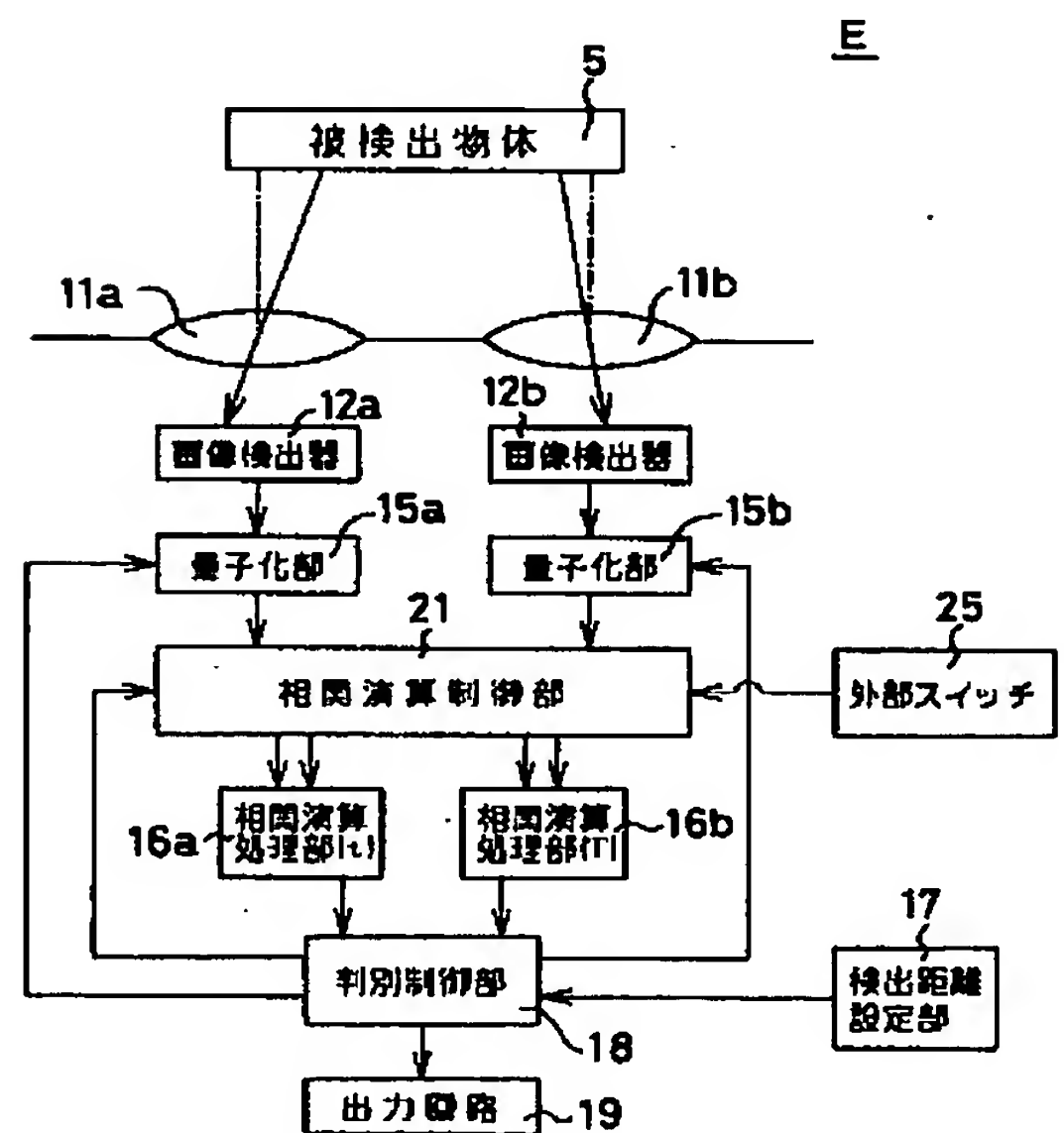
【図 18】



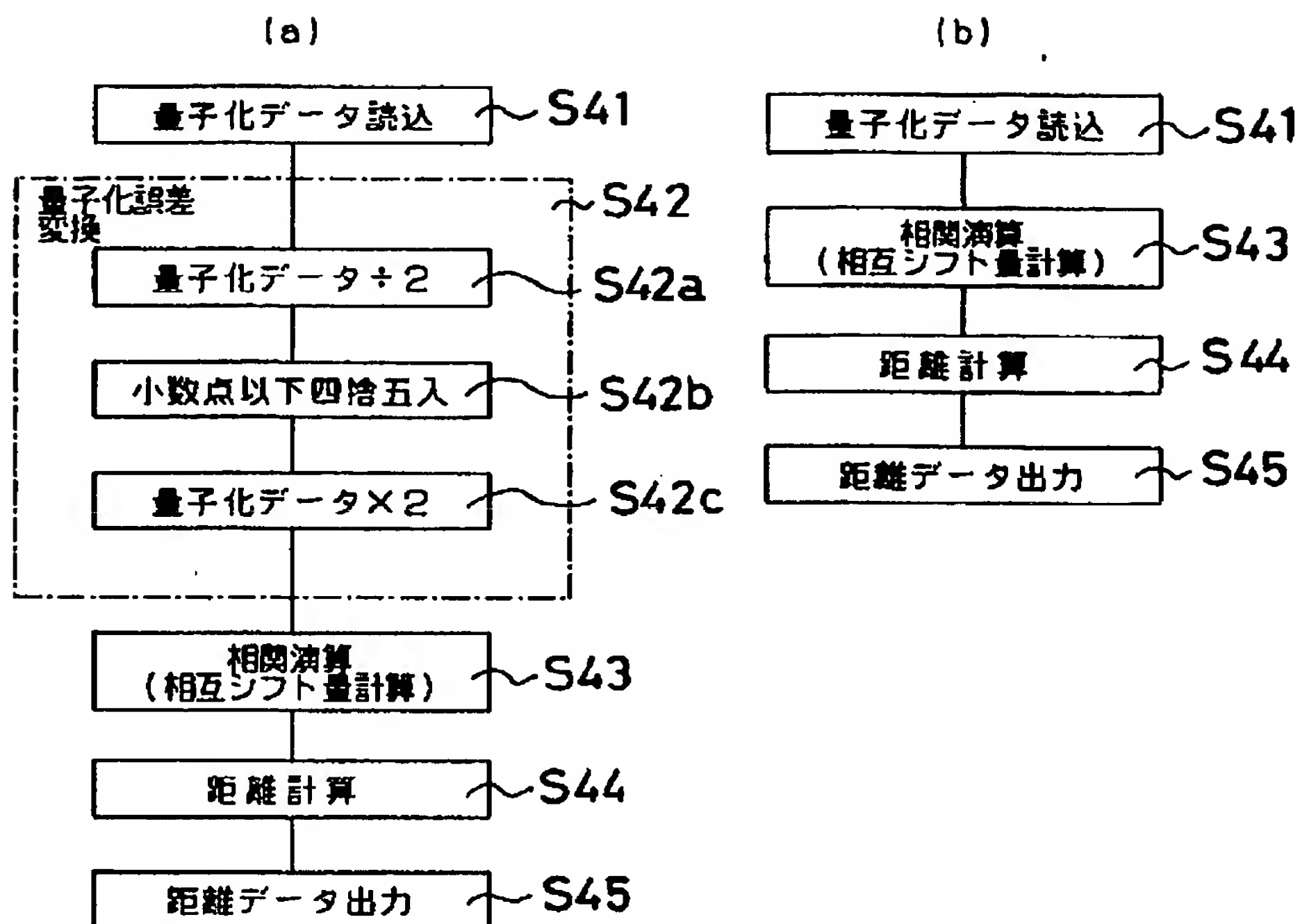
【図 29】



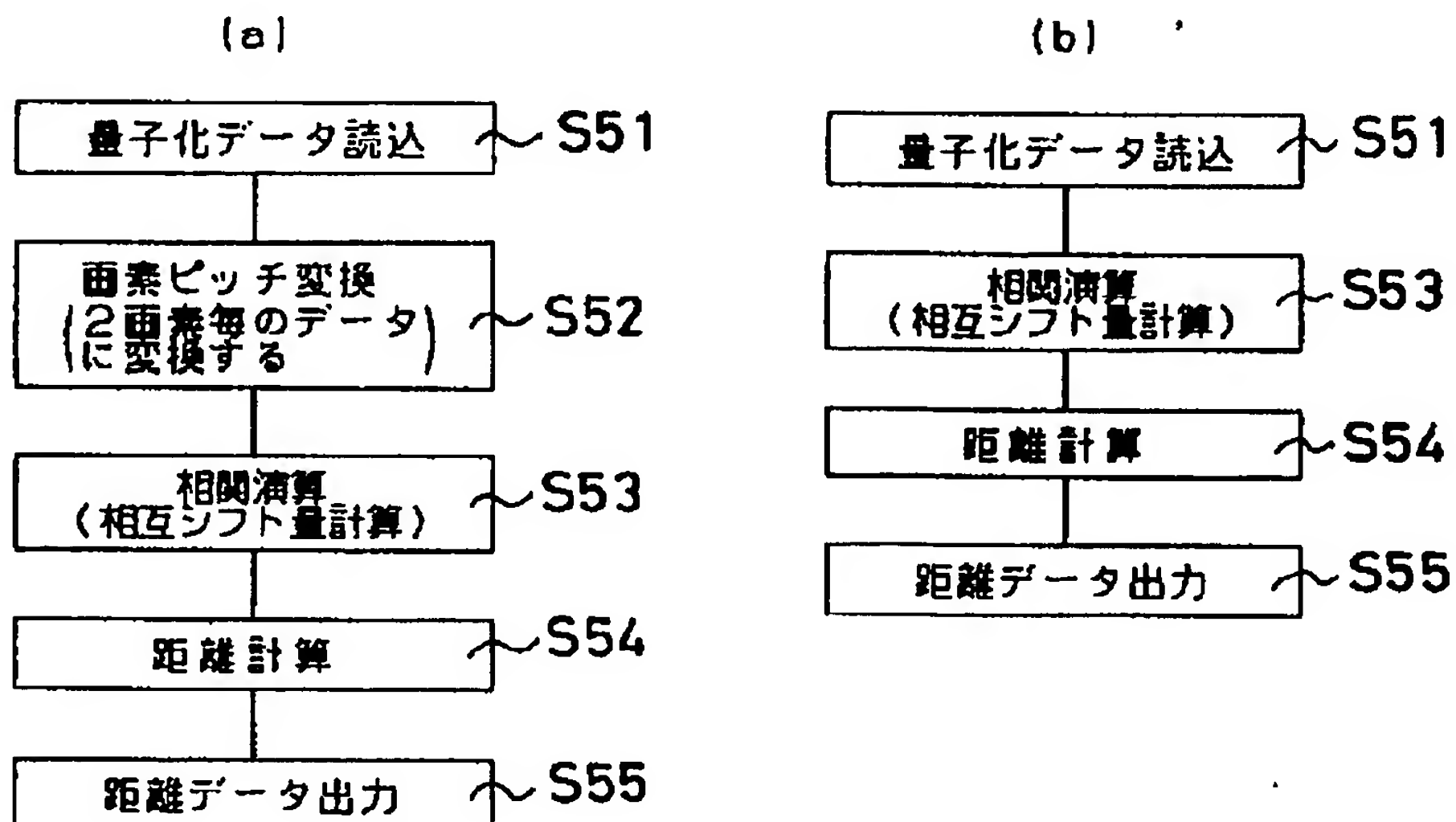
【図 30】



【図22】



【図26】



フロントページの続き

(72)発明者 村田 芳郎
京都府京都市右京区花園土堂町10番地 オ
ムロン株式会社内